

Mạng lưới polymer có tính thuận nghịch nhiệt, có nghĩa là sẽ tạo thành khi để lạnh (nguội) dung dịch và một lần nữa lại chảy ra khi đun nóng.

Gel kiểu do các hạt phân tán tập hợp lại là gel được tạo thành bởi các protein hình cầu sau khi đun nóng và biến tính. Sự giãn mạch do nhiệt của các protein sẽ dẫn đến giải thoát các mạch bên của axit amin của protein rồi sau đó các mạch bên axit amin này mới tham gia vào tương tác giữa các phân tử. Sự kết hợp sau đó sẽ xảy ra khi dạng những tập hợp hình cầu nhỏ tổ hợp lại thành những sợi thẳng rồi tương tác của các sợi thẳng này mới thiết lập nên mạng lưới gel. Trước khi gel có thể được tạo thành dưới dạng một tập hợp chưa có trật tự, cần thiết phải có một nồng độ protein tương đối cao (5 – 10%). Tốc độ tập hợp cũng có thể bị chậm hơn tốc độ giãn mạch. Mặt khác gel có cấu trúc thô và chưa hoàn chỉnh thường được tạo thành ở vùng điểm đẳng điện. Mức độ biến tính là cần thiết để bắt đầu sự tập hợp và phụ thuộc vào protein. Vì sự biến tính từng phần trước tiên sẽ làm giải phóng nhóm kỵ nước, do đó những liên kết kỵ nước giữa các phân tử sẽ chiếm ưu thế dẫn đến đặc tính nhiệt dẻo không thuận nghịch nhiệt của kiểu gel này. Ngược lại với kiểu gel thuận nghịch nhiệt thường được ổn định bởi liên kết hydro, gel nhiệt dẻo sẽ không hóa lỏng khi đun nóng, song chúng có thể mềm ra hoặc co lại. Ngoài liên kết kỵ nước, liên kết disulfua được hình thành do những nhóm – SH cùng góp phần tạo ra những liên kết chéo, có thể cả những liên kết ion giữa các phân tử, giữa các protein có điểm đẳng điện khác nhau trong những hệ dị thể, ví dụ như lòng trắng trứng.

Sự tạo gel cũng có thể được cải thiện bằng cách thêm muối. Sự tăng vừa phải ion sẽ làm tăng tương tác giữa các cao phân tử hoặc các tập hợp phân tử tích điện rồi nhờ sự bảo vệ bằng điện tích mà không xảy ra kết tủa. Một ví dụ là sự đông tụ nhiệt của đậu phụ được xúc tiến bởi ion canxi.

6.2. Các giai đoạn của sự tạo gel protein

Để mô tả các giai đoạn khác nhau của hiện tượng này, Gosset (1984) đã đưa ra các thuật ngữ tương ứng với từng giai đoạn sau:

– Biến tính: tương ứng với sự chuyển đổi từ một trạng thái có trật tự của protein tự nhiên thành một trạng thái vô trật tự, song vẫn chưa phá hủy các liên kết đồng hóa trị. Điều này thường ứng với sự giảm mạnh của phân tử. Các tương tác protein – dung môi có vai trò chính trong giai đoạn này, do đó người ta thường thấy có sự biến đổi các tính chất vật lý như độ hoà tan của protein.

– Sự tập hợp hóa để tạo ra một phức hệ có khối lượng phân tử cao nhờ các tương tác giữa protein – protein.

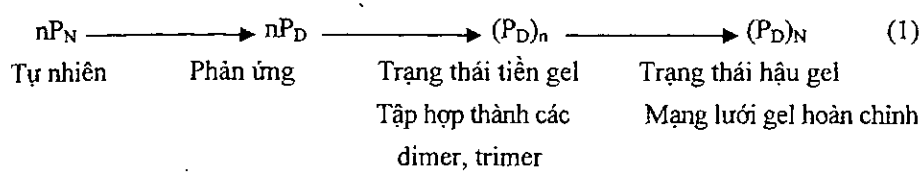
– Sự đông tụ hóa sẽ làm cho protein đã bị biến tính tập hợp lại một cách ngẫu nhiên. Các tương tác giữa các polymer sẽ dễ dàng thuận lợi hơn các tương tác vốn đang

khi để lạnh
 bởi các protein
 protein sẽ dẫn
 mạch bên axit
 đó sẽ xảy ra khi
 tương tác của
 được tạo thành
 protein tương đối
 mạch. Mặt khác
 điểm đẳng điện.
 protein. Vì sự
 những liên kết
 không thuận
 thường được
 song chúng
 hình thành do
 những liên kết
 những hệ dị
 tăng vừa phải
 từ tích điện rồi
 đồng tụ nhiệt
 (1984) đã đưa ra
 tự của protein
 kết đồng hóa
 protein - dung
 sự biến đổi các
 từ cao nhờ các
 một cách ngẫu
 tác vốn đang

tồn tại giữa polymer và dung môi. Các cục đông tạo ra khá đục, đôi khi có dạng hạt lớn nhỏ và thường không thuận nghịch.

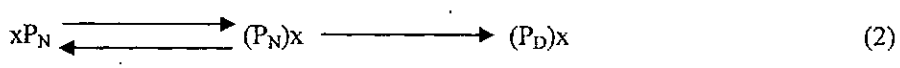
- Sự tạo gel: đó là sự tập hợp có trật tự các protein ít nhiều đã bị biến tính để tạo ra một mạng lưới ba chiều, ở đây các polymer tương tác với nhau và với dung môi. Song cũng chính là nhờ có cân bằng giữa các lực hút (tương tác kỵ nước, cầu disulfua, liên kết hydro hoặc tương tác tĩnh điện với sự tham gia của ion canxi) và các lực đẩy (tương tác protein - nước, các lực đẩy tĩnh điện vốn tồn tại khi càng xa pHi) của các mạch polypeptid liền kề mới hình thành nên mạng lưới gel protein.

Theo lý thuyết của Flory (1942) thì cho rằng có một giai đoạn tiền gel (pre-gel) hay trước gel (pro-gel) là một điểm để tạo gel và một giai đoạn sau gel hay hậu gel (post-gel). Ở giai đoạn khởi đầu, protein được coi là phân tử đơn nhất (unimoleculaire). Sau đó do sự đun nóng các protein tự nhiên bị biến tính thành protein phản ứng (réactif). Tức thì chúng tự tập hợp lại để tạo thành một gel (Hsien, Regenstein, 1992).



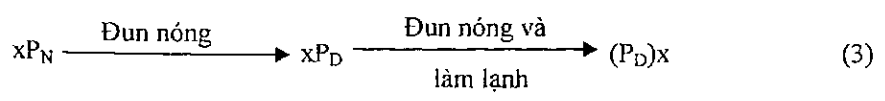
P_N : protein tự nhiên; P_D : protein đã biến tính

Tuy nhiên sự tạo thành một gel hơn là một khối đông (cục đông) còn tùy thuộc vào tốc độ giãn mạch và tốc độ tập hợp tương đối của protein (Chefle, 1985). Khi phản ứng tập hợp $(P_N)_x$ vượt trội hơn phản ứng giãn mạch thì sẽ tạo ra sự đông tụ thô: gel có dạng đục mờ, ít đàn hồi và không bền.



Khi các điều kiện cho sự giãn mạch thuận lợi hơn cho sự tập hợp các protein thì sẽ tạo ra được một mạng lưới gel có trật tự và có thể nhót được nước ở trong ô mạng của mình. Giai đoạn tập hợp càng chậm so với giai đoạn biến tính thì càng có điều kiện để các mạch polypeptid đã được giãn mạch từng phần dễ dàng định hướng lại trước khi tập hợp.

Các gel tạo được lúc này sẽ có trật tự, đồng đều hơn, tương mạnh, rất đàn hồi, trong suốt, gel bền không bị co và tách dịch.



Sự giãn mạch của các phân tử protein sẽ làm phô bày các nhóm phản ứng, nhất là các nhóm kỵ nước của protein hình cầu. Do đó các tương tác kỵ nước giữa protein sẽ thuận lợi và là nguyên nhân chính của việc tạo tập hợp liên tục. Các protein có khối lượng phân tử cao và có tỷ lệ phần trăm axit amin kỵ nước cao sẽ tạo ra gel có mạng lưới chắc. Và lại, khi ở nhiệt độ cao, các tương tác kỵ nước sẽ thuận lợi, trong khi đó sự hình thành liên kết hydro lại dễ dàng khi làm lạnh. Sự gia nhiệt cũng có thể làm phơi bày các nhóm -SH ở bên trong, do đó sẽ hình thành hoặc trao đổi các cầu disulfua. Khi có mặt nhiều nhóm -SH và -S-S- sẽ tăng cường hệ thống mạng giữa các phân tử và gel tạo ra sẽ bền với nhiệt. Các cầu canxi thường làm cho gel có độ bền và độ cứng tốt hơn.

Trong điều kiện thuận lợi cho biến tính hơn là cho tập hợp (protein mang điện tích lớn ở pH thấp hoặc cao, lực ion rất yếu, có mặt một số ion, có mặt các tác nhân phân ly như urê, guanidine, các chất tẩy rửa) thì sự đun nóng sẽ làm xảy ra phản ứng theo phương trình (3) ở trên..

Vùng pH thuận lợi cho sự tạo gel sẽ được mở rộng cùng với sự tăng nồng độ protein; vì khi nồng độ protein cao các liên kết kỵ nước và liên kết disulfua có điều kiện để tạo thành sẽ bù trừ lại các lực đẩy tĩnh điện cảm ứng vốn do protein tích điện cao sinh ra (ở pH xa điểm đẳng điện).

Ở điểm đẳng điện, do vắng mặt các lực đẩy nên gel tạo ra kém phòng, ngậm ít nước và cứng.

Các protein có tỷ lệ phần trăm các axit amin kỵ nước cao (trên 31,5% số phân tử) như hemoglobin, ovalbumin, catalase, urease có vùng pH tạo gel phụ thuộc vào nồng độ protein, trong khi đó các protein có tỷ lệ phần trăm các axit amin kỵ nước thấp (22 - 31%) như γ -globulin, α -chymotrypsin, protrombin, serum albumin, conalbumin, ovomucoid, gelatin và các protein đậu tương thì lại không thay đổi pH tạo gel khi nồng độ protein thay đổi.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến cơ chế tạo gel như nhiệt độ, pH, môi trường chất vô cơ, sự có mặt của các hợp chất khác như các đường, các tác nhân khử (Kitabatake, 1988, 1989; Stading, 1992). Nhưng trước nhất là nồng độ protein của môi trường càng cao thì xác suất gặp nhau của các protein càng lớn. Kiểu liên kết cũng có vai trò rất đáng kể trong chất lượng của gel. Chẳng hạn khi có mặt các cầu disulfua trong ovalbumin sẽ tạo ra được một gel không thuận nghịch nhiệt, trong khi đó một gel được ổn định bởi các liên kết hydro sẽ nóng chảy khi đun nóng. Đó là trường hợp của gelatin và các polysaccharide (alginat, agar...)

Nhiều gel có tính chất nhớt đàn hồi của chất rắn. Do đó để đánh giá chúng (độ cứng, độ bền), người ta có thể đo lường các tính chất vật lý như nghiên cứu độ chịu nén, độ xuyên nhờ xuyên kế (penetromet) instron; cũng có thể đo lường nước bị nhốt trong gel, theo dõi mức độ co gel khi gel "bị lão hoá". Có thể sử dụng kính hiển vi điện tử để quan sát cấu trúc của chúng (Torten, Eisenberg, 1982). Nhiều phương pháp khác cho phép theo dõi sự tiến triển của vi cấu trúc cũng như sự tiến triển của phân tử ở các

phản ứng, nhất
giữa protein sẽ
protein có khối
ra gel có mạng
đi, trong khi đó
cũng có thể làm
đổi các cầu
mạng giữa các
gel có độ bền và

protein mang điện
nhiều các tác nhân
xảy ra phản ứng

sự tăng nồng độ
disulfua có điều
protein tích điện

phồng, ngậm ít

31,5% số phân
phụ thuộc vào
min kỵ nước thấp
min, conalbumin,
tạo gel khi nồng

môi trường chất
khử (Kitabatake,
môi trường càng
càng có vai trò rất
đi disulfua trong
đó một gel được
ng hợp của gelatin

khả giá chúng (độ
ghiên cứu độ chịu
lượng nước bị nhót
g kính hiển vi điện
phương pháp khác
của phân tử ở các

giai đoạn liên tiếp của sự tạo gel: phương pháp điện di, phương pháp sắc ký (Dixon, 1981; Cotterill, 1983), phân tích nhiệt vi sai (hay entalpy vi sai) (David, Gordon, 1984).

6.3. Tính chất tạo gel của một số protein thực phẩm

6.3.1. Protein của cơ vân

Khả năng tạo gel bằng nhiệt của protein miofibril (tơ cơ) như actomyosin ở thịt và cá là cơ sở kết cấu của nhiều sản phẩm thực phẩm. Do tạo ra được mạng lưới gel nên các protein này là tác nhân gắn kết trong thịt tái tạo, trong các loại giò, hoặc là tác nhân làm bền của các nhũ tương trong xúc xích, hay là tác nhân làm mịn và đàn hồi trong kamaboco (giò cá). Tính chất lưu biến đặc trưng của các sản phẩm cao cấp này phụ thuộc vào bản chất và độ tươi của nguồn protein (protein khi đưa đi chế biến phải chưa bị biến tính bởi nhiệt, bởi lạnh và không bị proteolyse), sự có mặt của muối trung tính và các điều kiện gia nhiệt để tạo gel. Để gel tạo ra đẹp thường phải thêm một tỷ lệ nhất định muối ăn (2 – 3%) để trích ly đi một lượng myosin trong thịt cá. Ngoài ra, cũng có thêm một số hợp phần protein không phải thịt: như protein đậu tương để tăng khả năng hấp thụ nước và giữ nước hoặc Natri caseinat để tăng khả năng nhũ hóa và làm đặc, hoặc huyết tương máu để tạo gel cứng khi nấu tuy không làm tăng được độ nhót cho thịt ở xúc xích.

6.3.2. Protein của sữa

Khả năng đông tụ của các mixen casein được sử dụng trong chế biến các loại phomat và các sản phẩm khác từ sữa. Sự đông tụ thường được khởi đầu bằng tác dụng proteolyse của chimosin đến casein K, nhưng nhất thiết phải có ion Ca^{+2} và ở một nhiệt độ cao hơn 15 °C.

Axit hóa sữa đến pH đẳng điện cũng làm cho sữa đông tụ. Khi pH > 6 các mixen casein (và các caseinat) rất bền với nhiệt nhất là khi được gia nhiệt ở chính trong sữa thì phải tới 20 đến 60 phút ở nhiệt độ 140 °C mới làm chúng đông tụ được. Phải nói là ít có protein bền nhiệt như thế, sở dĩ có tính bền này là do tỷ lệ có trật tự của cấu trúc bậc 2 hoặc bậc 3 của các casein rất thấp. Chỉ sau khi cô đặc tính bền này mới bị giảm xuống.

Các protein lactoserum trong dung dịch khi có nồng độ trên 5% sẽ tạo gel tốt ở nhiệt độ 70 – 85 °C. Các gel thu được kém đàn hồi hơn gel từ ovalbumin hoặc từ protein đậu tương. Các gel có tính không thuận nghịch có thể là do tạo ra cầu disulfua giữa các phân tử. Các isolat protein lactoserum có hàm lượng lactose và canxi thấp, có bị biến tính chút ít (có nghĩa là có độ hoà tan cao ở pH 4,5 và có số nhóm – SH tự do cực đại) thì tạo ra gel rất giống gel từ lòng trắng trứng. Chính β -lactoglobulin đã tạo ra gel kiểu này.

6.3.3. Protein của trứng

Lòng trắng trứng đông tụ ở 62 °C trong khi lòng đỏ đông tụ ở 65 °C. Lòng trắng trứng là tác nhân tạo gel hoặc tác nhân gắn kết tốt nhất. Conalbumin và ovalbumin (pHi = 4,6) sẽ bị biến tính ở 57 – 65 °C và ở 72 – 84 °C. Khi nồng độ protein trên 5% có thể tạo gel trong một khoảng pH rất rộng (từ pH = 3 đến pH = 11). Chỉ có ovomucoid là không đông tụ, các protein của lòng đỏ cũng dễ bị đông tụ nhiệt trừ levitin và phosvitin.

Muối và saccharose có tác dụng bảo vệ chống lại sự biến tính nhiệt của protein trứng, do đó cho phép tăng được nhiệt độ thanh trùng lên 6°C và 3 °C. Đôi khi chúng cũng làm tăng tính bền chịu của các vi sinh vật. Có được hiệu ứng bảo vệ này là do protein trứng có khả năng làm giảm lượng nước tự do trong pha hoà tan. Việc làm biến đổi cấu trúc nước hydrat hóa của protein sẽ làm cho độ bền nhiệt của hỗn hợp được tăng lên và làm chậm được sự biến tính.

Ngược lại, ở pH của lòng đỏ trứng, muối clorua natri lại có tác dụng làm giảm sự tích điện của protein, gây ảnh hưởng đến liên kết hydro và làm tăng vai trò của các liên kết kỵ nước. Do đó sự tập hợp của protein sẽ dễ dàng nếu nhiệt độ là đủ để cho biến tính xảy ra.

Các tính chất tạo gel của lòng đỏ thường có liên quan với các lipoprotein. Các lipoprotein có tỷ trọng thấp (LDL) thường bị biến tính từ nhiệt độ 60 °C, mất tính lưu thể ở 65°C và hình thành nên một gel khi ở 85 °C.

Gel thu được bền hơn gel ovalbumin hoặc gel serum– albumin từ bò trong cùng điều kiện. Ngược với hai protein này, các lipovitellenin (LDL) sẽ tạo được gel bền giữa pH = 4 và pH = 9.

Các tính chất chức năng của protein trứng sau khi làm lạnh đông – rã đông thường thay đổi rất ít và chủ yếu có liên quan với sự tăng độ nhớt. Các hợp phần đầu tiên đã bị hư hại do làm lạnh đông của lòng đỏ là LDL và sự tạo gel của lòng đỏ ở lạnh sẽ do các tương tác protein – protein tiếp theo sau là sự phá hủy các lipoprotein. Hơn nữa, nồng độ muối trong pha không bị đóng băng cũng có tác động đến sự phân rã của các hạt của lòng đỏ.

5 °C. Lòng trắng
in và ovalbumin
protein trên 5%
H = 11). Chỉ có
đông tụ nhiệt trừ

hiệt của protein
°C. Đôi khi chúng
bảo vệ này là do
tan. Việc làm biến
của hỗn hợp được

tác dụng làm giảm
vai trò của các
nhiệt độ là đủ để cho

các lipoprotein. Các
60 °C, mất tính lưu

min từ bò trong cùng
tạo được gel bền giữa

lạnh đông - rã đông
tốt. Các hợp phần đầu
gel của lòng đỏ ở lạnh
y các lipoprotein. Hơn
lòng đến sự phân rã của

Chương 7

TÍNH CHẤT TẠO CẤU TRÚC CỦA CÁC POLYSACCHARIDE

7.1. Khái quát chung về các polysaccharide

Các polysaccharide có những tính chất chức năng được sử dụng rộng rãi trong công nghệ thực phẩm. Các tính chất này đều xuất phát từ "khả năng làm dày" (làm đặc) chung của mọi polymer glucit hoà tan trong nước. Sự có mặt một lượng nhỏ (dưới 5%) các polysaccharide sẽ làm thay đổi hoàn toàn các tính chất lưu biến của một lượng nước lớn dẫn đến những biến hình mong muốn trong kết cấu của thực phẩm. Song nếu như tất cả các polysaccharide đều có tính chất làm dày nổi bật nhiều hoặc ít thì ngược lại chúng lại kém khả năng tạo gel và tính chất của gel thường thay đổi theo bản chất của polysaccharide được xem xét và các điều kiện tiến hành.

Giai đoạn đầu tiên trong việc dùng một polysaccharide là phải hoà tan các cao phân tử bằng cách tách biệt chúng vào trong dung môi. Trong trường hợp của tinh bột, sự phá hủy hoàn toàn cấu trúc hạt tự nhiên là cần thiết bằng cách gia nhiệt là chính. Trong giai đoạn thứ hai, các cao phân tử này sẽ thiết lập nên những liên kết giữa các phân tử dẫn đến sự tạo gel.

7.2. Các tính chất làm dày của các polysaccharide

7.2.1. Các cao phân tử tách biệt

Độ nhớt nội tại là một đặc trưng chủ yếu để giải thích các tính chất làm dày: độ nhớt nội tại tương ứng với sự tăng độ nhớt hoàn nguyên của dung môi lên một đơn vị khi thêm một gam (hoặc 1 mg) cao phân tử không tác dụng với nhau (non interagissante). Độ nhớt nội tại η phụ thuộc vào kiểu polysaccharide, vào dung môi và nhiệt độ. Theo định luật Mark - Houwink:

$$[\eta] = KM^A$$

Trong đó : η - độ nhớt nội tại;

K, A - hằng số đặc trưng cho cặp polysaccharide và dung môi;

M - khối lượng phân tử.

η cho phép nhanh chóng biết được khối lượng phân tử trung bình của amylose và của các pectin. Chỉ có amylopectin do phân nhánh mạnh nên khó xác định theo phương pháp này. Độ nhớt nội tại là số đo gián tiếp thể tích thủy động (hydrodynamic) của cao phân tử. Nó không những cho phép tiên đoán được các tính chất làm dày trong môi trường loãng mà còn tiên đoán được nồng độ giới hạn mà ở đó các phân tử xuất hiện hiện tượng làm rối.

7.2.2. Đặc tính ion

Các polysaccharide tạo gel được thường là những chất đa điện ly mang hoặc các nhóm sulfat hoặc các nhóm cacboxyl. Trong dung dịch chúng tự phân ly thành ion lớn và những ion đối, do đó dẫn đến các hiện tượng lực đẩy tĩnh điện trong phân tử và/hoặc giữa các phân tử. Cường độ của các lực đẩy này và do đó lực trương nở của các cao phân tử không những phụ thuộc vào số lượng, vị trí, bản chất và các mức độ phân ly của các nhóm ion hóa được mà còn phụ thuộc vào bản chất của ion đối và lực ion của dung dịch môi trường xung quanh. Mối quan hệ giữa độ nhớt nội tại và lực ion (I) có thể biểu diễn:

$$[\eta] = A + SI^{-0.5}$$

Trong đó : η độ nhớt nội tại;

A, S là một hằng số;

I – Lực ion.

Sự biến động của môi trường ion của các cao phân tử này có thể cho phép hoặc hoà tan chúng (trung hoà) hoặc liên kết chúng (axit hoá, sự có mặt của các cation đa hóa trị.)

7.2.3. Các hệ thống phân tán: Sự hồ hóa tinh bột

Sự phân tán của các keo háo nước vào trong nước có thể dẫn đến các hệ thống với các tính chất lưu biến rất khác nhau. Sự khác nhau chủ yếu là ở chỗ có mặt các tiểu phần đã được trương lên thành huyền phù ở trong pha lỏng: các microgel này là kết quả của sự tập hợp các chuỗi cao phân tử tạo ra một dung dịch không hoàn toàn (không đầy đủ). Các thể phân tán của tinh bột là một ví dụ.

Tinh không hoà tan của tinh bột tự nhiên được giải thích là do sự có mặt của một tổ chức bán kết tinh trong các hạt tinh bột. Sau khi phân tán vào trong nước lạnh, các hạt trương lên một ít do sự hấp thụ nước vào trong phần vô định hình. Khi gia nhiệt các hạt này sẽ hấp thụ nước (5 đến 50 lần) và một phần chất chứa trong hạt (chủ yếu là amylose) sẽ tự hoà tan. Hai hiện tượng này sẽ làm tăng độ nhớt biểu kiến (bên ngoài) của huyền phù tinh bột (hồ). Các biến hóa này có thể được tiếp tục do sự mất đi độ kết tinh (nhiều xạ tia X) và các thu nhiệt do hồ hóa (phân tích nhiệt vi sai). Một cách

hình của amylose.
có xác định theo
(hydrodynamic)
hất làm dày trong
các phân tử xuất

ly mang hoặc các
ân ly thành ion lớn
ng phân tử và/hoặc
ng nở của các cao
các mức độ phân ly
đổi và lực ion của
tái và lực ion (I) có

có thể cho phép hoặc
mặt của các cation đa

ột

dẫn đến các hệ thống
ở chỗ có mặt các tiểu
microgel này là kết quả
g hoàn toàn (không đầy

là do sự có mặt của một
nào trong nước lạnh, các
hình. Khi gia nhiệt các
tủa trong hạt (chủ yếu là
kết biểu kiến (bên ngoài)
p tục do sự mất đi độ kết
nhiệt vì sai). Một cách

tổng quát, một hồ phải luôn luôn được xem như là một hỗn hợp của các hạt được
trương lên, các mảnh và của các cao phân tử đã phân tán sau khi đã khuếch tán ra
khỏi hạt.

Ở nồng độ vào khoảng từ 2 - 6% (tùy theo nguồn), các hồ tinh bột thường thể
hiện tính chất xúc biến lưu biến lỏng (thixotropique rhéofluidifiant). Sự giải thích tính
lưu biến của các hệ thống này cần thiết phải có hiểu biết bốn yếu tố: phân thể tích của
các tập hợp cao phân tử và các tính chất nhớt đàn hồi của chúng, các tính chất lưu biến
của pha liên tục (dung dịch cao phân tử) và những tương tác giữa hai pha này. Tính
phức tạp này đã dẫn đến đơn giản hóa mô hình của nhiều tác giả (Wong và Lelievre,
1982, Launay và Kone; 1984). Sự khái quát hóa của tiếp cận này cần thiết phải có
nhiều nghiên cứu nữa (Launay và những người khác, 1986).

7.3. Các tính chất tạo gel của các polysaccharide

Các tính chất tạo gel sẽ thay đổi theo bản chất của các polysaccharide đến mức
các polysaccharide này không thể thay thế lẫn nhau trong phần lớn các ứng dụng công
nghiệp. Tính đặc hiệu này là do sự khác nhau trong cấu trúc hóa học của chúng, trong
cơ chế tạo gel, trong các tính chất lưu biến của gel thu được và trong độ ổn định của
chúng. Một số polysaccharide không tạo gel cũng thể hiện một sự tạo gel đặc biệt khi
trộn lẫn với những polysaccharide khác tạo gel được hoặc không tạo gel được để bằng
sự hiệp trợ tạo ra được những gel rất lý thú.

Ở mức độ phân tử, sự tạo gel có thể được mô tả một cách đơn giản là do sự liên
hợp của các cao phân tử hoặc các mảnh cao phân tử để tạo ra một mạng lưới ba chiều
liên tục giữ được pha lỏng giữa các mắt lưới và có khả năng bền chịu với một số ứng
lực vật lý nhất định. Sự tạo thành mạng lưới này là do sự tổ chức lại dần dần các cao
phân tử vốn ban đầu được phân bố ngẫu nhiên trong dung dịch nhờ sự trung gian của
các "vùng nối" giữa các cao phân tử.

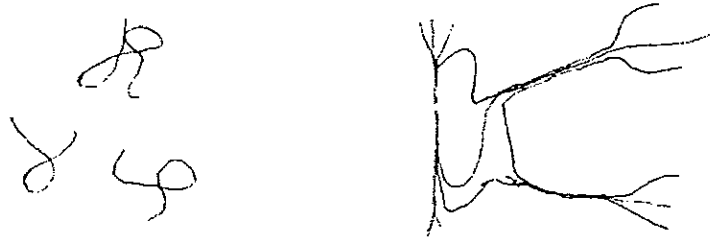
Để tạo gel có thể có nhiều giai đoạn khác nhau:

- Trạng thái sol, ở đây polymer tạo thành một dung dịch: các cao phân tử chưa
được liên kết lại với nhau.
- Trạng thái gel xuất hiện khi các chuỗi tự liên kết đủ để tạo ra một mạng lưới
trước tiên có tính đàn hồi.
- Dần dần các chuỗi tự tổ chức lại giữa chúng, gel dần dần cứng hơn; tiếp sau đó
sẽ xảy ra hiện tượng co gel tách dịch: gel sẽ tự co lại và một phần chất lỏng sẽ chảy ra.

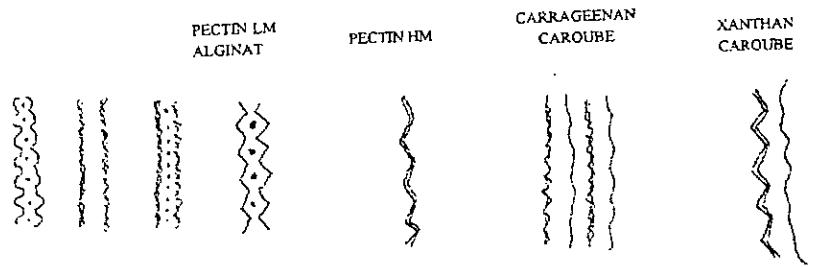
Nếu như polymer có một cấu trúc đồng đều, các vùng nối trải dài ra và gel thu
được sẽ cứng và giòn. Sự tạo gel là gắn với một sự kết tủa. Ngược lại, nếu có một số
thành tố xen vào (có chu kỳ hoặc ngẫu nhiên) dẫn đến một sự không đồng đều về cấu
trúc thì gel sẽ đàn hồi hơn vì một chuỗi polymer có thể có những vùng nối chung với
nhiều chuỗi cao phân tử sẽ tự liên kết lại thành những "mầm tinh thể".

Các polysaccharide tạo gel được sẽ tạo gel trong những điều kiện khác nhau (carrageenan, alginat, pectin). Các carrageenan K và carrageenan I thường tạo gel ở nhiệt độ thấp trong sự có mặt của một số ion (K đối với các gel thực phẩm). Các alginat và pectin có tỷ lệ methoxyl thấp sẽ tạo gel trong sự có mặt của các cation hai hóa trị (canxi cho các gel thực phẩm); trong khi đó các pectin có tỷ lệ nhóm methoxyl cao sẽ tạo gel trong môi trường axit và có đường. Hình 7.1 dưới đây chứng tỏ sơ đồ tạo gel và bản chất của sự không đều đặn về cấu trúc của các polysaccharide này dẫn đến sự tạo ra những mạng lưới liên tục.

Polysaccharide	Các chuỗi điều hoà	Sự không đều đặn về cấu trúc
Alginat	Polymanuronate Polyguluronat	Các chuỗi hỗn hợp
Carrageenan	$[-3DGalsulf \rightarrow 4,3,6,$ anhydro-DGal (2 sulf) $]$	D Gal 2,6 disulf
Pectin	Polygalacturonat (methyl hóa hoặc không)	Rhamnose, chuỗi bên este methylic hoặc axit tự do



Các vùng nối



Hình 7.1. Cấu trúc và các cơ chế liên kết của các polysaccharide trong các gel.

tiên khác nhau
trong tạo gel ở
các phẩm). Các
các cation hai
nhóm methoxyl
tạo ra sự tạo
gel này dẫn đến

ở cấu trúc

in este
mự do

XANTHAN
CAROUBE



trong các gel.

7.4. Cấu trúc và tính chất tạo gel của các carrageenan

Carrageenan là những polysaccharide sulfat được chiết xuất ra từ tảo đỏ.

Carrageenan có hai tính chất mà dựa vào đó người ta có thể sản xuất chúng trong công nghiệp:

- Carrageenan hòa tan trong nước nóng.
- Không hoà tan trong các dung môi hữu cơ có cực.

Trong polysaccharide này có ba thành phần chính đã được nghiên cứu kỹ và có ứng dụng trong công nghệ, đó là: Kappa carrageenan (K), Iota carrageenan (I) và Lamda carrageenan (λ).

Carrageenan do gốc D-galactose và 3,6 anhydro-D-galactose kết hợp với nhau bằng liên kết $\beta(1-4)$ và $\alpha(1-3)$ luân phiên nhau.

Ở Kappa và Iota, các gốc D-galactose có hình thể 4C_1 , còn gốc 3,6 anhydro-D-galactose có hình thể 1C_4 , trái lại trong λ chỉ có D-galactose là có hình thể 4C_1 .

Các carrageenan khác nhau về mức độ sulfat hoá:

- Kappa carrageenan thường được sulfat hóa ở nhóm hydroxyl ở C_6 của gốc D-galactose và ở nhóm hydroxyl ở C_2 của cả hai gốc.

Trong Iota carrageenan, nhóm hydroxyl ở C_2 của gốc anhydrogalactose luôn luôn được sulfat hóa và chỉ có 10% số gốc galactose được sulfat hóa ở nhóm hydroxyl của C_2 và C_6 .

- Trong λ carrageenan, gốc galactose luôn luôn được sulfat hóa ở nhóm hydroxyl của cả C_2 và C_6 , còn ở gốc anhydrogalactose chỉ được sulfat hóa một phần ở hydroxyl của C_2 (hình 7.2).

Mạch polysaccharide của các carrageenan thường có cấu trúc xoắn ốc với ba gốc disaccharide tạo nên một vòng.

Trong λ carrageenan các chuỗi cao phân tử rất dễ dàng ở cách xa nhau. Một mặt là do các nhóm sulfat vừa hướng vào trong vừa hướng ra ngoài xoắn ốc nên tạo ra lực đẩy tĩnh điện và sự công kênh về không gian, do đó chúng không có khả năng kết hợp lại để tạo thành gel. Mặt khác, các cấu trúc xoắn ốc của nó ít đều đặn nên sẽ làm khó khăn cho việc hình thành các liên kết giữa các cao phân tử. Như vậy λ carrageenan chỉ có vai trò làm dày và các dung dịch của nó tác động theo kiểu giả dẻo (pseudo-plastic), có nghĩa là độ nhớt sẽ giảm xuống cùng với lực cắt.

Khác với λ carrageenan không có khả năng tạo gel, κ và ι có những gốc anhydrogalactose có thể tạo ra được đoạn đầu của một xoắn ốc.

Theo Rees, xoắn ốc của iota carrageenan là một xoắn ốc phải với mỗi bước dài $26,6 \text{ \AA}$, xoắn ốc kép được tạo ra và được làm bền nhờ các liên kết hydro giữa các chuỗi. Sự hydrat hóa hoàn toàn iota carrageenan chỉ xảy ra khi nhiệt độ 55°C . Khi làm lạnh thì các phân tử sẽ gần lại nhau để tạo ra các vùng nổi. Sự luân phiên của các hình tiết 4C_1 và 1C_4 cho phép cao phân tử sắp xếp thành một xoắn ốc đều đặn, thình thoảng

bị ngắt đoạn bởi các khuỷu làm cho nó chệch hướng đi. Trong cả hai phần này, các nhóm sulfat đều chỉ nằm ở mặt ngoài của xoắn ốc, do đó các mặt trong của chuỗi có thể đến gần nhau và hình thành nên các xoắn ốc kép. Cấu tạo của một mạng lưới ba chiều, điều kiện cần thiết cho sự hình thành một gel có tính liên kết là do có mặt galactose-6-sulfat và galactose-2,6-disulfat thay vì có mặt các anhydrogalactose, thường làm ngắt quãng độ đều đặn không gian của chuỗi tức là sẽ tạo ra các khuỷu. Các hình tiết này do đó sẽ làm giới hạn chiều dài của các xoắn ốc kép và buộc mỗi chuỗi phải tự liên kết thành các xoắn ốc kép với nhiều chuỗi bên cạnh. Hơn nữa sự kết hợp các xoắn ốc kép với nhau cũng sẽ bị giới hạn là do các lực đẩy tĩnh điện giữa các nhóm sulfat nằm ở mặt ngoài của xoắn ốc kép. Hai lý do đó sẽ cắt nghĩa tính đàn hồi tốt, tính trong suốt và tính không bị co cứng như tính chất xúc biến của gel.

Kappa carrageenan cũng bị hydrat hóa hoàn toàn khi đun nóng và cũng tạo ra xoắn ốc kép tương tự như iota carrageenan. Với kappa carrageenan thì các cation hóa trị 1 sau: $Cs^+ > Rb^+ > K^+ > Na^+ > Li^+$ có một tác động đặc biệt, trong lĩnh vực thực phẩm phải kể đến cation K^+ . Do kích thước của nó nhỏ, khi ở trạng thái hydrat hoá, nó có thể đi vào trong các khe hở (khe hở) của xoắn ốc kép và trung hoà một phần các nhóm sulfat. Do vậy các xoắn ốc có thể đến gần nhau và hình thành nên các tập hợp. Kết quả là gel bị cứng, cấu trúc bị co lại, nước bị đẩy ra và gel bị đục mờ. Hiện tượng này sẽ càng mạnh khi số lượng các khuỷu càng ít.

Còn cation Na^+ khi hydrat hóa có kích thước lớn nên khó đi vào trong xoắn ốc; về phần cation canxi lại có khả năng tạo ra những cầu nối giữa các nhóm sulfat của hai xoắn ốc kép khác nhau, nghĩa là tạo ra những liên kết giữa các cao phân tử. Một lượng nhỏ ion canxi sẽ làm tăng độ bền chặt của gel, song khi nồng độ quá lớn lại có tác dụng tai hại đến gel.

– Mô hình trong hình 7.2 chứng tỏ có sự liên kết của các xoắn ốc kép sau khi che chắn các điện tích âm bằng các cation có kích thước đủ nhỏ để thâm nhập được vào trong các khe hở của xoắn ốc kép này.

– Mô hình trong hình 7.3 cho rằng có sự liên kết chéo giữa các xoắn ốc đơn nhờ các cation này nhưng không có liên quan đến các xoắn ốc kép.

Cả hai mô hình đều cho rằng sự tạo gel của carrageenan xảy ra theo hai giai đoạn tương ứng với hai sự chuyển tiếp (transition):

- Thở sợi búi (pelote) → xoắn ốc kép hoặc xoắn ốc đơn;
- Thở xoắn ốc kép hoặc xoắn ốc đơn → thể tập hợp.

Hình 7.2 và 7.3 trình bày hai mô hình tạo gel của các carrageenan.

Ở phần này, các
 của chuỗi có
 mạng lưới ba
 kết là do có mặt
 rhydrogalactose,
 ra các khuỷu.
 tiếp và buộc mỗi
 Hơn nữa sự kết
 tích điện giữa các
 giữa tính đàn hồi
 gel.

và cũng tạo ra
 các cation hóa
 vùng lĩnh vực thực
 tái hydrat hoá, nó
 hoà một phần các
 nên các tập hợp
 mờ. Hiện tượng

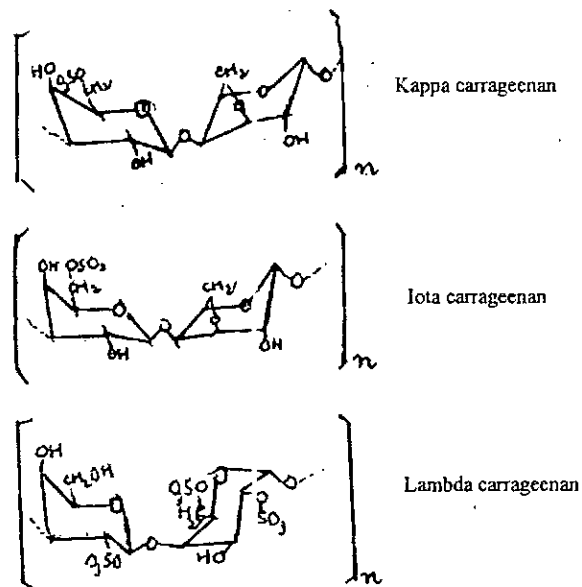
vào trong xoắn ốc;
 nhóm sulfat của hai
 nhân tử. Một lượng
 lớn lại có tác dụng

xoắn ốc kép sau khi
 thâm nhập được vào

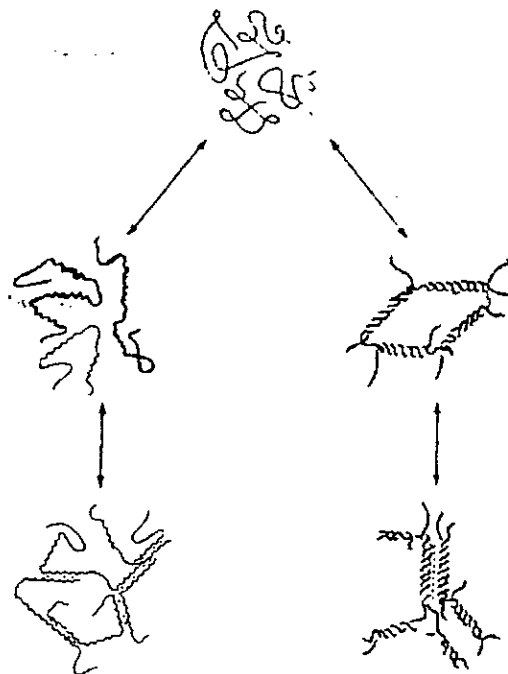
xoắn ốc đơn nhờ

xảy ra theo hai giai

enan.



Hình 7.2. Cấu trúc hoá học của các carrageenan.



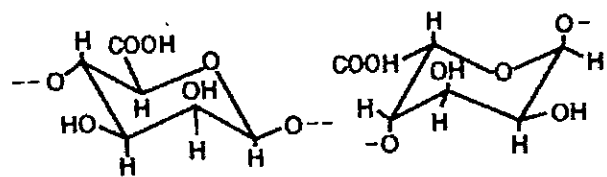
Hình 7.3. Mô hình tạo gel của các carrageenan qua sự tạo thành các xoắn ốc đơn hoặc xoắn ốc kép.

7.5. Tính chất tạo gel của alginat và của pectin có độ methoxyl hóa thấp (Pectin LM). Mô hình hộp trứng.

Cấu tạo của alginat

Alginat là copolymer tuyến tính của axit α -D manuronic và axit α -L guluronic. Mỗi phân tử có chứa những vùng đồng manuronic, những vùng đồng guluronic và những vùng có cả hai kiểu gốc luân phiên nhau. Các gốc liên kết với nhau bằng liên kết 1-4: M-M-M-M - G-G-G-G - MG-MG

Hai axit này đều là những epimer của carbon 5, có nghĩa là chỉ khác nhau ở vị trí của liên kết C₅ và C₆ ở trên mặt phẳng trung bình của vòng. Ngược lại, sự chồng kênh và các tương tác do chức axit ở C₆ buộc hình thể của vòng phải có chức axit này ở vị trí xích đạo và vì thế mà axit β -D manuronic luôn luôn là ⁴C₁, và axit α -L guluronic là ¹C₄.



axit β -D manuronic (M)

axit α -L guluronic (G)

Hai monomer này không phân bố một cách ngẫu nhiên trong các cao phân tử mà phân bố thành từng đoạn chứa khoảng 20 đơn vị. Tập hợp các đoạn này theo những tỷ lệ khác nhau phụ thuộc vào loài, vào bộ phận của tảo, và độ tuổi và vào địa điểm thu hái. Sự phân bố của các monomer sẽ quyết định tính chất tạo gel của alginat. Các trình tự guluronic có một hình thể như thế nào để chúng có thể tạo nên một dây liên tiếp các hồ điện âm có kích thước và hình học cho phép gắn được ion canxi. Ngược lại các trình tự manuronic không có được đặc trưng này (hình 7.4). Canxi sẽ tự gắn vào axit guluronic nhờ sự trung gian của chức axit, ôxy của liên kết glycosid, ôxy của vòng pyranose và của hai nhóm hydroxyl. Có điều là sự phối hợp này chỉ xảy ra nếu chiều dài của trình tự guluronic vượt quá 20 - 30 gốc. Sự chồng ghép đều đặn của hai chuỗi sẽ tạo khả năng liên kết canxi rất chặt theo kiểu giữ trứng trong hộp trứng (eggbox). Hiện tượng đầu tiên của sự tạo gel là một sự dimer hóa các phân tử alginat nhờ các trình tự polyguluronic của mình. Sự liên hợp các dimer sau đó được tiến hành nhờ các ion canxi nhưng hạn chế. Các trình tự polymanuronic hoặc các trình tự hỗn hợp lại làm đứt đoạn các vùng đã có tổ chức này. Do đó mỗi chuỗi sẽ tham gia vào sự tạo thành các vùng nối với nhiều chuỗi khác. Vậy là các đặc tính của gel sẽ phụ thuộc rất chặt chẽ vào tỷ lệ giữa các trình tự đã xác định trước.

Có điều, tất cả những thao tác của phương pháp chế tác đều dựa trên sự khác nhau của độ hoà tan:

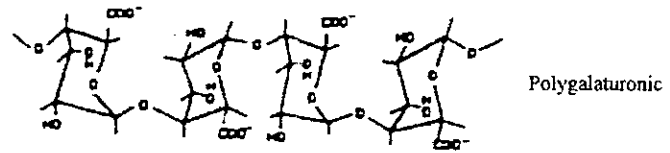
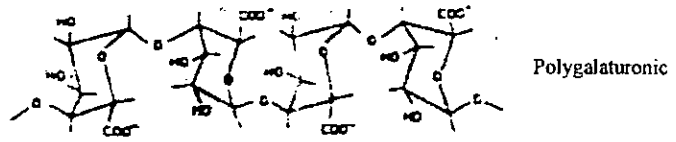
độ methoxyl

α-L-guluronic, β-D-guluronic và liên kết liên kết

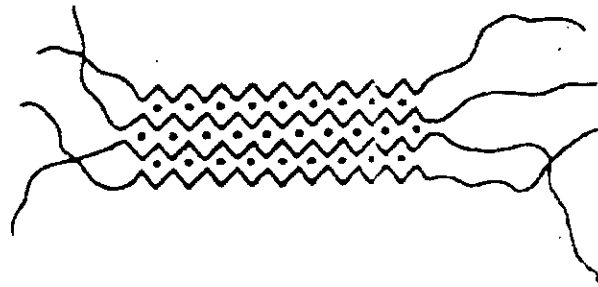
khác nhau ở vị trí, sự công kênh axit này ở vị trí α-L-guluronic là

cao phân tử mà thay theo những tỷ lệ vào địa điểm thu alginat. Các trình độ dây liên tiếp các ngược lại các trình tự gắn vào axit carboxyl của vòng pyridine xảy ra nếu chiều dẫn của hai chuỗi trứng (eggbox). Sự liên kết của alginat nhờ các liên hành nhờ các sự hỗn hợp lại làm cho sự tạo thành các thuộc rất chặt chẽ dựa trên sự khác

- Các alginat của kim loại kiềm đều hoà tan trong nước.
- Axit alginic và muối canxi của nó lại không hoà tan trong nước.



(• : Calcium



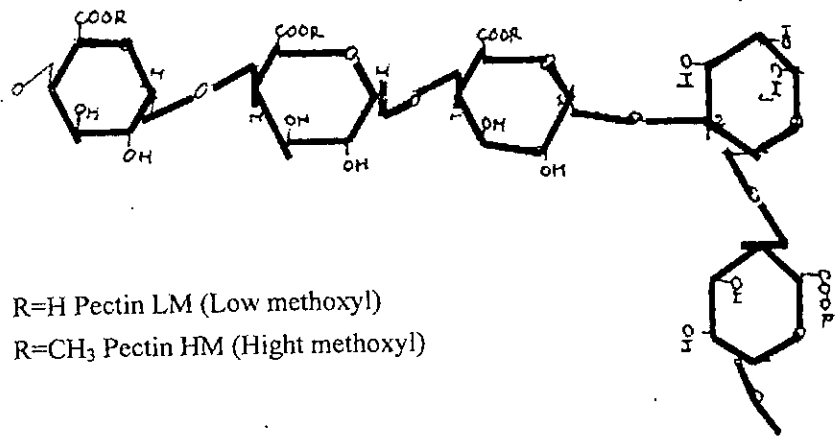
Hình 7.4. Mô hình hộp trứng cho sự tạo gel của các alginat và của các pectin có độ methoxyl hóa thấp (LM).

Cấu tạo của pectin LM

Phân biệt các khái niệm:

- Pectin: để chỉ phân tử có độ methoxyl hóa (hay metyl hoá) 100%.
- Pectinic: để chỉ phân tử có độ methoxyl hóa (hay metyl hoá) < 100%.
- Pectic: để chỉ các axit polygalacturonic không chứa metyl.
 - Pectin metyl hóa hay methoxyl hóa cao (HM) tức là pectin có mức độ ester hóa cao hơn 50 (độ ester hóa > 50).
 - Pectin metyl hóa hay methoxyl hóa thấp (LM) tức là pectin có mức độ ester hóa dưới 50 (độ ester hóa < 50).

Dưới độ methyl hóa thấp (LM), người ta còn chia ra pectin không được amid hóa (DA = 0) và pectin được amid hoá.



Hình 7.5. Cấu tạo của pectin.

Pectin được cấu tạo từ các axit D-galacturonic có hình thể ⁴C, liên kết với nhau bằng liên kết α(1-4). Các đơn vị L-rhamnose (6-deoxy-L-manose), fucose (hay 6-deoxy-L-galactose) được nối vào bằng liên kết α(1-2) sẽ làm chệch trục của mạch thẳng đi một góc 90° (hình 7.5).

Chức axit có thể được ester hóa bởi metanol. Mức độ methyl hóa thay đổi và sẽ quyết định tính chất công nghệ của pectin được chiết xuất ra.

Các chức rượu ở C₂ và C₃ của axit galacturonic có thể được axetyl hoá. Đáng chú ý còn có mặt các mạch bên do các đường trung tính (arabinose, galactose) nối vào các đơn vị rhamnose.

Các pectin được chiết ra trong môi trường axit thì các axit galacturonic phần lớn ở dưới dạng ester metylic. Một số kiểu pectin tiếp đó sẽ bị khử methyl bằng (con đường) axit hoặc kiềm. Khi sự khử methyl được thực hiện bằng amoniac thì các chức ester có thể bị chuyển thành amid.

Các pectin thường được đặc trưng bằng mức độ ester hóa của chúng, tức là bằng số phần trăm axit galacturonic có mặt dưới dạng ester metylic. Đôi khi người ta cũng gọi là mức độ amid hoá.

Sự có mặt của các chuỗi bên (các glucit trung tính) và các nhóm methoxy ở C₆ của axit galacturonic sẽ làm các chuỗi tách xa nhau nên làm dễ dàng cho sự hydrat hóa các pectin. Do vậy, độ methyl hóa (ester hoá) càng cao thì pectin càng hoà tan tốt ở nhiệt độ lạnh. Vì lẽ đó, các nhóm axit của pectin có độ methyl hóa thấp, có thể được trung hoà một phần nhằm cải thiện độ hoà tan ở nhiệt độ lạnh với điều kiện là độ cứng của nước phải thấp (khoảng 10 °C).

được amid hóa



liên kết với nhau
(e), fucose (hay
h trực của mạch

là thay đổi và sẽ

methyl hoá. Đáng
galactose) nối vào

uronic phần lớn
hàng (con đường)
tác chức ester có

đúng, tức là bằng
thì người ta cũng

am methoxy ở C₆
cho sự hydrat hóa
hoà tan tốt ở nhiệt
được trung hoà
độ cứng của nước

Tóm lại, pectin là những polysaccharide axit tính có thể được chiết ra bằng nước, các tác nhân tạo phức của canxi, các axit loãng và có khả năng tạo gel. Do khả năng này và do tính chất đa điện ly của mình, các glycan này có một vai trò chia khoá trong cơ chế tác dụng của các sợi thực phẩm.

Cấu trúc của pectin có độ methyl hóa thấp rất giống với cấu trúc của các trình tự polyguluronic. Mô hình tạo gel cũng là mô hình hộp trứng và ở đây mỗi vùng nối phải gồm khoảng 20 gốc axit galacturonic. Rhamnose cũng như các nhóm ester metylic hoặc những mạch bên cũng đóng vai trò giống như vai trò của các trình tự polymanuronic hoặc các trình tự hỗn hợp của alginat.

Tùy điều kiện thao tác, người ta có thể thu được hoặc các gel thuận nghịch nhiệt hoặc các gel không thuận nghịch nhiệt dù là từ alginat hay từ pectin có độ methyl thấp.

7.6. Sự tạo gel của pectin có độ methyl hóa cao (HM)

Các pectin HM không tạo gel khi có mặt của các ion canxi mà tạo gel khi có môi trường axit (pH = 2,2 - 3,5) và khi có mật đường (MS: 60%).

Các phân tử pectin trong dung dịch thường bị hydrat hóa mạnh và thường tích điện âm do sự phân ly của nhóm cacboxyl. Để các phân tử pectin có thể gần gũi và tạo được gel thì phải giảm sự hydrat hóa và giảm lực đẩy giữa các nhóm ion đi càng nhiều càng tốt. Thường để giảm hydrat hóa, người ta thêm đường saccharose vốn có khả năng giữ nước rất mạnh nên sẽ phá hủy vỏ nước của pectin. Bên cạnh đó, để giảm điện tích thì thực hiện bằng cách giảm sự phân ly của chức axit thông qua việc hạ thấp pH. Lúc đó các tương tác polymer - polymer sẽ thuận lợi hơn các tương tác giữa polymer dung môi. Sự kết hợp giữa các phân tử pectin thường được tiến hành nhờ các liên kết hydro giữa các chuỗi.

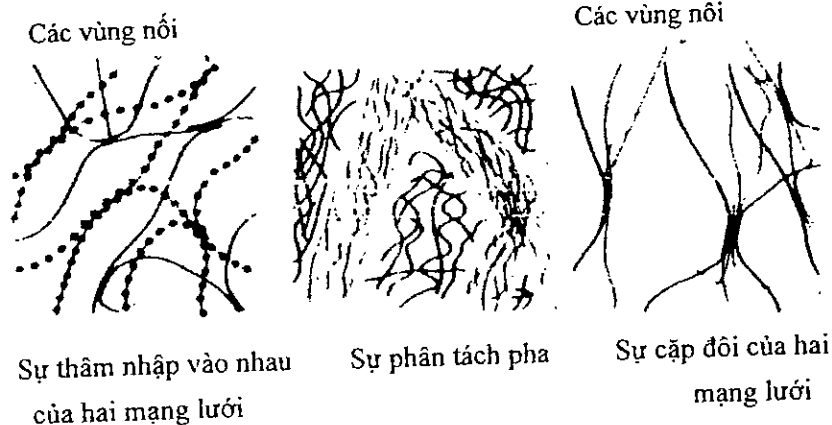
Rhamnose có thể liên kết nối các vùng nối khác nhau của phân tử lại do đó bảo đảm cho gel có tính cố kết tốt.

7.7. Gel hỗn hợp

Một hỗn hợp hai cao phân tử (tạo gel được hoặc không tạo gel được) trong một số trường hợp có thể tạo nên hiện tượng hiệp trợ dẫn đến những tính chất lưu biến khác nhau, đôi khi dẫn đến sự tạo gel. Trong đó mỗi hợp phần khi đứng một mình riêng rẽ thì không có khả năng tạo gel.

Các tương tác này thường đưa đến những cấu trúc mới hoặc đưa đến những sự thay thế rất tinh tế.

Có ba kiểu mạng lưới có thể được tạo ra (hình 7.6):



Hình 7.6. Các cơ chế khác nhau của sự hình thành các gel hỗn hợp (phức hợp).

– Mạng lưới tạo ra do sự thâm nhập lẫn nhau của các mạng lưới riêng của mỗi polysaccharide.

– Mạng lưới tạo ra do sự tương kỵ lẫn nhau (incompatibility) với sự tách riêng pha và sự tạo gel riêng của polysaccharide.

– Mạng lưới tạo ra do sự ghép đôi (cặp đôi) của hai mạng lưới.

Chẳng hạn sự tồn tại các tương tác giữa carrageenan và caroube (locus bean gum) đã được ứng dụng trong công nghiệp. Các gel thu được có những tính chất lưu biến đã bị thay đổi do sự có mặt của caroube (locus bean gum). Cũng có thể thu được một gel với hỗn hợp carrageenan kappa và galactomanan khi ở một nồng độ carrageenan thấp hơn nồng độ mà nó tạo gel một mình.

Gôm xanthan và caroube (locus bean gum) khi đứng một mình thì không tạo gel mà chỉ có tính chất làm dày. Nhưng một hỗn hợp của hai polymer này khi gia nhiệt rồi làm lạnh sẽ tạo ra gel rất đàn hồi.

Các tương tác alginat, pectin, carrageenan – protein của sữa là những ví dụ về tính hiệp trợ của các polymer.

Trong đa phần các trường hợp này, các mô hình đã được đề ra để giải thích các cách tác động (đổi xử) này, song sự cùng tồn tại của các vùng nổi hỗn hợp còn phải chứng minh.

7.8. Tính chất tạo gel đặc biệt của tinh bột

Gel sẽ trở nên phức tạp hơn khi cùng nhốt vào đó các tiểu phần khác nhau: các bọt khí, các giọt chất béo hoặc đường. Khi đưa các tiểu phần vào thường làm biến đổi các tính chất lưu biến của gel. Việc tăng cường cái khuôn này có thể là dương tính hay âm tính (cấu trúc có khí xốp của bánh gatô). Các tính chất lưu biến của các gel này



đôi của hai
mạng lưới
hợp (phức hợp).
lưới riêng của mỗi
với sự tách riêng
aroube (locus bean
có những tính chất
). Cũng có thể thu
khi ở một nồng độ
thì không tạo gel
này khi gia nhiệt rồi
là những ví dụ về
ra để giải thích các
hỗn hợp còn phải
phần khác nhau: các
thường làm biến đổi
thể là dương tính hay
biến của các gel này

thường phụ thuộc vào các tính chất của gel cấu thành các khuôn, tính chất hình dạng, tính chất biến dạng phân thể tích của các tiểu phần và các mối quan hệ lẫn nhau của khuôn - tiểu phần. Gel tinh bột là một gel thuộc kiểu này.

Sự tạo gel của tinh bột thường dựa vào cách hoạt động (sự tương tác) của amylose và amylopectin ở trong dung dịch. Khi các chất tạo gel khác luôn luôn hoà tan rất tốt thì amylopectin và amylose trong dung dịch lại không bền khi ở nhiệt độ dưới 60 - 65 °C. Các dung dịch của chúng thường tự phân thành hai pha:

- Một pha rất giàu các polymer đã bị trương lên bởi dung môi;
- Còn một pha thì hợp thành bởi dung môi nghèo polymer. Hiện tượng tự phân tách này là cơ sở của sự tạo gel của các hợp phân của tinh bột.

Sự tạo gel của amylose gồm ba giai đoạn:

1) Sự phân tách pha: Hiện tượng này xảy ra nhanh (khoảng 10 phút cho một dung dịch chứa 20% chất khô), có thể nhận thấy màu trắng đục của môi trường và sự xuất hiện một độ nhớt đàn hồi khác với những chất lỏng nhớt. Nồng độ tới hạn là 1,5%, ngoài nồng độ này sự tách pha sẽ dẫn đến hiện tượng kết tủa.

2) Sự kết tinh của amylose trong lòng pha giàu polymer. Hiện tượng này thể hiện ra qua sự tăng chậm trạng thái tinh thể của gel (kiểu B) và sự thụ nhiệt do nóng chảy của các tinh thể này ở khoảng 160 °C. Các vùng nổi giữa các cao phân tử được hình thành nhờ các vùng kết tinh, ở đây các đoạn mạch có hình xoắn ốc được chồng đồng lên nhau. Phần tinh thể của các gel này được tạo ra từ các polyholosid (polysaccharide đồng thể) tuyến tính có mức độ trùng hợp hóa trung bình là 45 - 50.

3) Sự co gel tách dịch, hiện tượng này là đáng kể nếu sự làm khô xảy ra nhanh.

Sự tạo gel của amylopectin xảy ra theo cùng các quy luật hóa lý, song do cấu trúc phân nhánh của nó nên cơ chế động học xuất hiện chậm hơn (sau 4 - 5 ngày mới xuất hiện trạng thái đục còn kết tinh cực đại là sau 54 ngày và với một nồng độ cao hơn (10 - 15%)). Các tinh thể thường được tạo ra từ những mạch ngoài (có mức độ trùng hợp khoảng 15) của amylopectin và được sắp xếp thành chùm. Do chiều dài ngắn nên nhiệt độ nóng chảy của các tinh thể này là thấp nhất (50 - 60 °C).

Khi tinh bột được xem một cách tổng thể thì hồ tinh bột là một cấu trúc dị thể được tạo ra từ các hạt tinh bột đã trương nở (giàu amylopectin) bị chìm ngập trong một dung dịch cao phân tử giàu amylose. Khi làm lạnh, hồ tinh bột này sẽ tạo ra một gel composit gồm những hạt giàu amylopectin bị cuộn chặt trong một gel tinh bột. Gel composit này có những tính chất sau:

- Có một độ nhớt đàn hồi của vật liệu gel, phụ thuộc chủ yếu vào nồng độ amylose. Người ta đã nhận thấy có một mối tương quan chặt chẽ giữa hàm lượng amylose của tinh bột gạo và độ đặc của hồ thu được từ các tinh bột này.
- Có một độ cứng của pha rắn. Các hạt bị trương càng ít thì gel càng cứng.

Nhìn chung sự tiến triển của một gel tinh bột bao gồm hai giai đoạn:

– Giai đoạn đầu nhanh tương ứng với sự tạo gel của amylose, có tính bất thuận nghịch khi nhiệt độ dưới 140 °C. 7.!

– Giai đoạn hai xảy ra chậm, thuận nghịch khi ở nhiệt độ 90 °C do sự phá vỡ các tinh thể của amylopectin. dự

Có nhiều thông số có ảnh hưởng đến động học thoái hóa của tinh bột (Mestres, 1986): Xa me

– Nguồn gốc thực vật học của tinh bột, đặc biệt là hàm lượng amylose

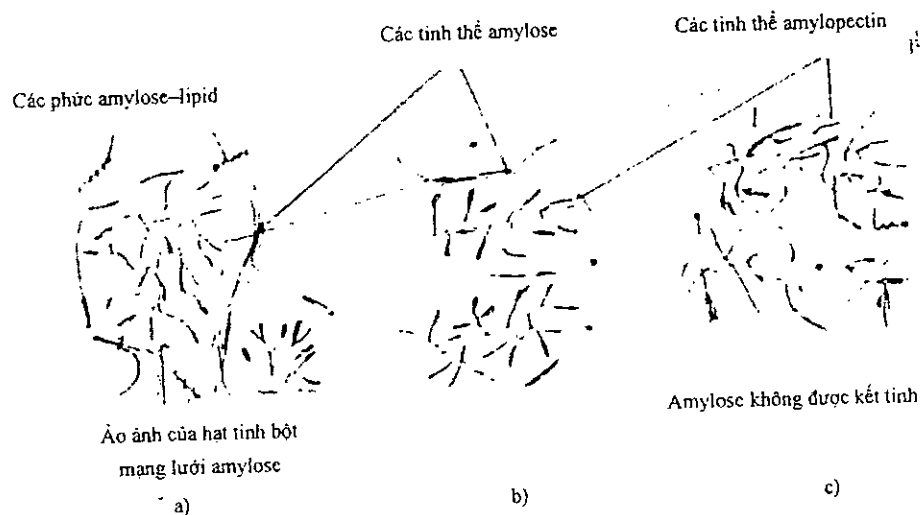
– Nhiệt độ lưu giữ của gel: tốc độ và cường độ thoái hóa tối ưu ở gần 0 °C. Nhiệt độ hồ hóa của các gel đã thoái hóa tỷ lệ với nhiệt độ tái kết tinh. kếp

– Hàm lượng nước: Các gel có chứa 30% – 60% chất khô sẽ thoái hóa nhanh nhất. đư

– Sự có mặt của các lipid có thể tạo phức (các axit béo, mono-glycerind) có thể làm xuất hiện các phức amylose – lipid (phổ kiểu V nóng chảy ở nhiệt độ 100 °C – 120 °C). ax

– Công nghệ chế tác các gel: mỗi xử lý để khuếch tán tinh bột đều dẫn đến một sự phân bố khác nhau của amylose và amylopectin, do đó các gel thu được sẽ có cấu trúc khác nhau.

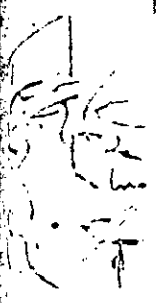
Các kiểu tái tổ chức phân tử này là cơ sở của nhiều phương pháp công nghệ thủ công, đặc biệt là chế tác bột nhào để tạo sợi đi từ các ngũ cốc đã được loại bỏ gluten (các mì đẹt từ gạo và từ đậu mungo).



Hình 7.7. Đặc trưng phân tử của các gel từ tinh bột ngô: đặc trưng phân tử của các gel từ tinh bột ngô thu được bằng cách tạo hồ (a), xử lý trong các ống hình trụ có gia nhiệt (b) và bằng nấu – ép đùn (c).

có tính bất thuận
 do sự phá vỡ các
 tinh bột (Mestres,
 amylose
 ưu ở gần 0 °C.
 hóa nhanh nhất.
 glycerind) có thể
 100 °C – 120 °C).
 đều dẫn đến một
 được sẽ có cấu
 áp công nghệ thủ
 đã được loại bỏ

amylopectin



được kết tinh

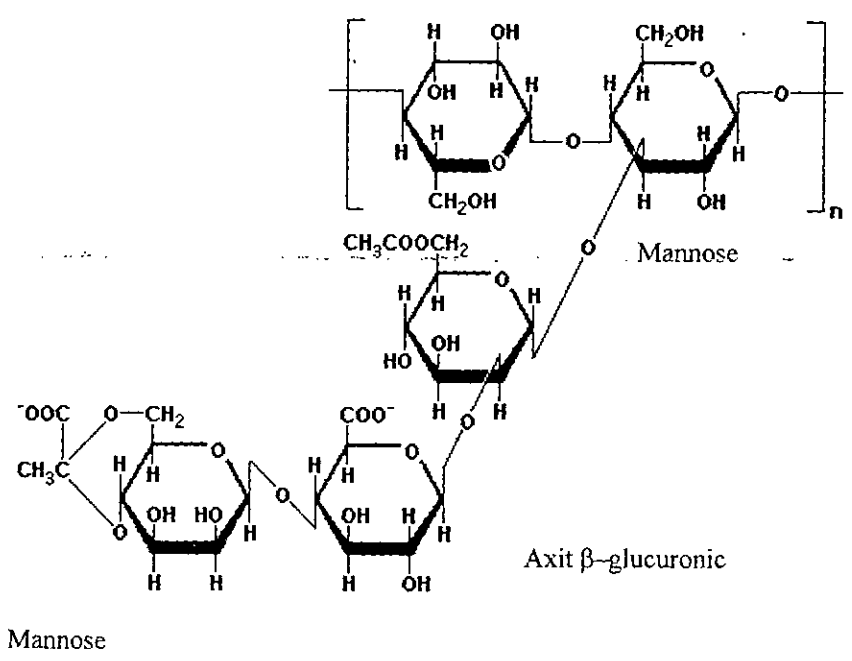
c)
 phân tử
 (a),
 đùn (c).

7.9. Sự tạo kết cấu của các polysaccharide từ vi sinh vật

Xanthan, dextran và curdlan là những polysaccharide nguồn vi sinh vật được sử dụng nhiều nhất trong công nghiệp thực phẩm.

Xanthan là một glycan có trọng lượng phân tử cao được sản xuất ra bởi chủng *Xanthomonas campestris* nuôi cấy trên canh trường glucose bằng phương pháp lên men hiếu khí.

Phân tử xanthan gồm một mạch chính được cấu tạo từ các đơn vị D glucose liên kết với nhau bằng liên kết β (1-4), mạch nhánh gồm mannose được gắn vào C₃ của một trong hai đơn vị của glucose, một axit β -glucuronic được gắn vào C₂ của mannose và được viền ngoài bằng D-mannose. Gần một nửa các gốc mannose tận cùng có gắn một axit pyruvic vào C₄ và C₆. Còn mannose không phải tận cùng thường mang một nhóm axetyl ở C₆.



Hình 7.8. Cấu tạo của xanthan.

Nói chính xác hơn, nếu như phân tử là hoàn toàn đều đặn và sự phân nhánh ở một trong hai đơn vị glucose thì cũng có một sự không đều đặn nào đó vì tất cả các chuỗi bên không phải được axetyl hóa và pyruvat hóa (thường chỉ một hoặc hai chuỗi), song tỷ lệ đó sẽ thay đổi theo chủng được sử dụng và các điều kiện nuôi cấy.

Xanthan không hoà tan trong dung môi hữu cơ, người ta lợi dụng điểm này để thu xanthan bằng cách kết tủa trong rượu isopropylic, tách kết tủa thu được, đem rửa, ép, sấy khô sau đó đem nghiền thành dạng hạt như mong muốn.

Sự có mặt của axit glucuronic và axit pyruvic làm cho xanthan có đặc tính anion đáng chú ý. Trong các sản phẩm thương mại, thì các chức này được trung hoà bằng các cation Na^+ , K^+ hoặc Ca^{+2} .

Do các phân tử xanthan chấp nhận một hình thể xoắn ốc đơn hoặc xoắn ốc kép tựa như những cái que cứng nhắc làm cho chúng không có một khả năng nào để tự kết hợp giữa chúng. Cấu trúc cứng này dễ nóng chảy và có thể tạo ra một trạng thái vô trật tự kém nhớt hơn. Khi có mặt một lượng nhỏ muối, thì trạng thái có trật tự được ổn định và nhiệt độ chuyển tiếp thường vượt quá 100°C .

Xanthan có những tính chất công nghệ rất lý thú: độ nhớt cao và ít thay đổi theo nhiệt độ và có đặc tính giả dẻo là do hình dạng đã được cấu trúc. Việc sử dụng xanthan sẽ thích hợp khi có mặt các chất điện ly.

Dextran có tầm quan trọng công nghiệp kém hơn. Các dextran là những polymer được tổng hợp nên bởi các vi khuẩn thuộc loài *Leuconostoc* được nuôi cấy trên saccarose. Phân tử các dextran được cấu tạo như một chuỗi α ,D-glucose liên kết với nhau bằng liên kết 1-6. Đáng chú ý là trong phân tử có một tỷ lệ các liên kết 1-3, liên kết 1-4 và liên kết 1-2 rất biến động. Các dextran dễ hoà tan, thường được sử dụng như là chất nhũ hóa và chất làm bền.

Curdlan thường được sử dụng rất hạn chế trong công nghiệp. Curdlan là một polysaccharide trung tính không hoà tan và tạo ra được một gel bền chịu được khi đun nóng ở dạng huyền phù trong nước. Curdlan được tổng hợp ra bởi các vi khuẩn loài *Agrobacterium*. Đó là một polymer tuyến tính của D-glucose liên kết với nhau bằng liên kết 1-3. Đáng chú ý là sau khi thêm curdlan vào thì thể tích của sản phẩm không bị giảm đi khi nấu.

Gellan là một chất tạo gel tương đối mới có nguồn gốc từ vi sinh vật. Gôm này là một polyosid ngoại bào được sản xuất ra bởi vi khuẩn *Pseudomonas elodea* bằng phương pháp lên men hiếu khí. Các điều kiện lên men (cơ chất glucit, pH 7, nhiệt độ 30°C) là khá gần với các điều kiện đã áp dụng đối với sản xuất xanthan.

Glycan này thường có mặt dưới hai dạng: một dạng tự nhiên (đã được axetyl hóa và một dạng thay thế (đã khử acetyl). Phân tử gellan là một cao phân tử tuyến tính với đơn vị lặp lại là một tetrasaccharide bao gồm hai đơn vị glucose, một axit glucuronic và một rhamnose. Khoảng 25% số đơn vị lặp lại có mang nhóm axetyl ở C_6 của một trong các gốc β ,D-glucose.

Gellan sẽ tạo gel khi được phân tán vào nước sôi trong sự có mặt của các ion một hóa trị hoặc hai hóa trị. Tuy nhiên, sự tạo gel xảy ra ở nồng độ rất thấp: từ nồng độ 0,05%. Gel bền với pH axit, nhiệt độ nóng và các enzym có mặt trong thực phẩm. Gellan có một hứa hẹn trong tương lai vì người ta biết rằng lượng tác nhân tạo gel phải thêm vào là nhỏ, song hương thơm và mùi vị của sản phẩm khi ra tiếp xúc với hốc miệng rất lớn.

có đặc tính anion
tương hoà bằng các

hoặc xoắn ốc kép
đang nào để tự kết
trạng thái vô trật
tự được ổn định

và ít thay đổi theo
sử dụng xanthan

là những polymer
được nuôi cấy trên
glucose liên kết với
liên kết 1-3, liên
kết được sử dụng

ph. Curdlan là một
chịu được khi đun
các vi khuẩn loài
liên kết với nhau bằng
sản phẩm không

sinh vật. Gôm này
monas elodea bằng
nút, pH 7, nhiệt độ
đun.

đã được axetyl hóa
từ tuyến tính với
một axit glucuronic
axetyl ở C₆ của một

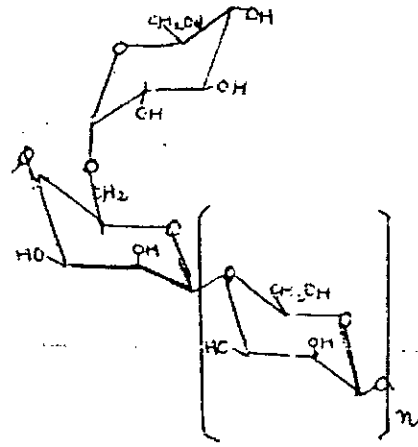
có mặt của các ion
rất thấp: từ nồng độ
đi trong thực phẩm.
khi nhân tạo gel phải
tiếp xúc với hóc

7.10. Tính chất tạo kết của các galactomanan

Ở nhiều hạt của bộ đậu có chứa các galactomanan có cấu trúc tương tự nhau, song gôm guar và gôm caroube (locus bean gum) là hai chất đáng chú ý nhất.

Các monomer của các glycan này là β-D-galactose và α-D-galactose. Mạch chính được cấu tạo nên từ các β-D-galactose liên kết với nhau bằng liên kết 1-4, và được phân nhánh bằng các đơn vị α-D-galactose nối bằng liên kết 1-6 vào C₆ của β-mannose. Guar và caroube (locus bean gum) phân biệt nhau bởi số gốc galactose:

- Trong guar: hai manose cho một galactose.
- Trong caroube (locus bean gum): bốn manose cho một galactose (hình 7.9).



Hình 7.9. Hình tiết monomer của các galactomanan
Guar n = 1; Caroube (locus bean gum) n = 3.

Thực tế các nhóm thế galactose, nhất là ở caroube (locus bean gum) không phải được phân bố một cách đơn điệu dọc theo chiều dài của mạch mà tập hợp lại thành khối lớn. Đặc trưng này đóng một vai trò hết sức quan trọng đối với các tính chất của chúng. Mặc dù được cấu tạo chỉ từ các monomer trung tính thiếu các nhóm thế ion nhưng guar vẫn hoà tan được ở lạnh. Do sự có mặt một lượng lớn galactose gắn vào mạch chính manose làm cho các mạch cách xa ra và dung môi nước thâm nhập vào dễ dàng. Caroube (locus bean gum), vốn có ít galactose và có chứa một số vùng được gọi là tron vì hoàn toàn không có galactose, sẽ tự liên kết lại thành những tập hợp giả kết tinh có tác dụng ngăn cản sự thâm nhập của nước. Đun nóng thường rất cần thiết để phân ly các tập hợp này.

Hai polymer này tạo ra được những dung dịch nhớt có đặc tính giả dẻo. Đáng chú ý là độ nhớt tăng lên cùng với nồng độ và ở một nồng độ khối nào đó, độ nhớt và đặc tính giả dẻo sẽ tăng lên với mức độ polymer hoá.

Với cả hai glycan này, người ta nhận thấy độ nhớt của chúng có sự giảm mạnh và có tính thuận nghịch khi nhiệt độ tăng. Vì độ nhớt thu được của cả hai polysaccharide này đều cùng một mức độ nên các lựa chọn giữa hai chất này là những tính chất phát sinh ra từ sự khác nhau về cấu trúc của chúng. Vì thế, chẳng hạn caroube (locus bean gum) ít bị thay thế hơn thì không hoà tan ở nhiệt độ lạnh, các vùng không có nhóm thế của chúng sẽ có khả năng tự kết hợp với các polysaccharid khác có mặt trong dung dịch ở dạng xoắn ốc như xanthan, carrageenan.

7.11. Đặc trưng sử dụng của các glycan trong thực phẩm

Như chúng ta đã thấy, các tính chất được ưa chuộng của các polymer này là độ nhớt và khả năng tạo gel của chúng khi ở trong dung dịch. Các tính chất này đều dựa trên sự tác động của các phân tử khi ở trong môi trường nước, đặc biệt là hình thể và thể tích thủy động của chúng. Nhìn chung, người ta có thể phân biệt ba kiểu hình thể chính sau:

- Hình thể phân bố thống kê;
- Hình thể cứng chạy dài;
- Hình thể xoắn ốc.

Các khả năng tạo hình thể khác nhau của các keo háo nước chính được tóm tắt trong bảng 7.1.

Bảng 7.1. Các kiểu hình thể chính của các keo háo nước

Hình thể	Các keo háo nước	Các điều kiện
Xoắn thống kê	Galactomannan (guar, caroube (locus bean gum)) Pectin HM Xanthan λ -carrageenan	Nhiệt độ cao
	I và K carrageenan Agar	Nhiệt độ cao Nhiệt độ cao
Cứng chạy dài	Alginat Petin LM Petin HM Xanthan	Có mặt canxi Có mặt canxi pH < 3, có mặt saccharose Nhiệt độ thấp
Xoắn ốc	I và K carrageenan	Nhiệt độ thấp
	Agar	Nhiệt độ thấp

Chú thích: HM, LM- phân tử lượng thấp, phân tử lượng cao.

giảm mạnh của cả hai này là những hạn caroube vùng không khác có mặt

phẩm

mer này là độ này đều dựa là hình thể và kiểu hình thể

được tóm tắt

hiệu kiện

hiệu saccharose

Hình thể xoắn thông kê tương ứng với một sự phân bố thông kê trong không gian của các chuỗi cao phân tử. Thể tích thủy động của cao phân tử thường phụ thuộc vào bản chất của các liên kết osid, vào khối lượng phân tử và vào các tương tác giữa polymer và dung môi. Nhiều cao phân tử trong một số điều kiện nào đó có thể nhận một hình thể thông kê. Khi độ mềm dẻo của chuỗi bị hạn chế, sẽ áp đặt một hình thể cứng chạy dài. Cuối cùng, khi có thể thiết lập nên được các liên kết bền ở trong phân tử thì hình thể xoắn ốc sẽ chiếm ưu thế.

7.11.1. Độ hoà tan của các hydrocolloid (keo háo nước)

Tính chất chức năng này trước tiên có liên quan với các đặc tính của hạt: dạng hạt, độ xốp, bề mặt riêng, sự có mặt của các tạp chất ít nhiều hoà tan. Độ hoà tan cũng phụ thuộc vào bản chất riêng của từng polymer. Nói chung, các glycan có chứa nhiều nhóm hydroxyl thì có đặc tính háo nước đáng kể.

Tuy nhiên, các đặc trưng của độ hoà tan có thể được giải thích là do sự cạnh tranh giữa các tương tác chất hoà tan - nước và các tương tác chất hoà tan - chất hoà tan. Có thể phân các phân tử thành các dạng sau:

- Các phân tử tuyến tính trung tính;
- Các phân tử phân nhánh trung tính;
- Các phân tử tích điện âm (các chất đa điện ly).

Trong số những cao phân tử sinh học có mạch thẳng trung tính, đáng chú ý là những chất có chứa các liên kết (1-4) như cellulose và amylose thường rất khó hoà tan. Đó là do tương tác mạnh giữa các cao phân tử có chứa những phần kết tinh rất dày làm cho nước khó thâm nhập vào. Trong những dextran và các glucan tuyến tính khác, do sự uyển chuyển của liên kết (1-6) làm cho chúng hoà tan được trong nước.

Các galactomanan là polymer có chứa các liên kết (1-4) có thể hoà tan từng phần trong nước lạnh. Đó là do sự có mặt của các nhánh bên galactose được phân bố dọc theo chuỗi manan. Các nhóm này càng nhiều thì độ hoà tan lại càng cao. Cũng như vậy, chẳng hạn, độ hoà tan của gôm guar (guar gum) cao hơn độ hoà tan của gôm caroube (gomme de caroube, locus bean gum) vì ở caroube (locus bean gum), do thiếu vắng các nhóm thế galactose, các vùng mannose có thể tự chồng đóng lên nhau để tạo thành các vùng giả kết tinh vốn được làm bền bởi các liên kết hydro, nhờ vậy ngăn cản được sự thâm nhập của nước.

Bên cạnh đó, độ hoà tan của các chất đa điện ly lại phụ thuộc vào trạng thái ion của chúng. Thường dưới dạng muối thì chúng hoà tan được một cách dễ dàng, trong khi đó, dạng axit là ở dưới một dạng thực sự không hoà tan.

Tóm lại, độ hoà tan có thể được cải thiện khi có mặt:

- Các nhóm ion hóa (sulfat, carboxylat) sẽ làm tăng đặc tính háo nước.

– Sự phân nhánh sẽ làm tách xa các chuỗi chính ra và làm dễ dàng cho sự hydrat hoá.

Sự hoà tan cũng có thể bị giảm đi khi mọi điều kiện làm cho các liên kết giữa hai glycan được dễ dàng. Chẳng hạn, các vùng đều đặn không có sự phân nhánh và không có nhóm thế ion hoặc khi có mặt các cation đa hóa trị như canxi đối với các phân tử anion.

7.11.2. Tính chất lưu biến

Tính chất làm dày hoặc tính chất tạo gel của các dung dịch glycan thường phụ thuộc vào hình dáng của các cao phân tử, độ cứng và khả năng tự liên kết giữa chúng.

Vì vậy, nếu không xảy ra sự liên kết nào giữa các polymer thì đó là một sự làm dày thuần túy. Một keo háo nước thuộc loại này thường tạo ra những dung dịch nhớt mà độ nhớt phụ thuộc vào khối lượng phân tử. Ở nồng độ khối lượng bằng nhau, polymer nào có khối lượng cao sẽ tạo ra một dung dịch có độ nhớt cao hơn độ nhớt của dung dịch chất có khối lượng thấp hơn.

Ngoài khối lượng phân tử, hình dạng và độ cứng của cao phân tử sẽ quyết định kiểu lưu biến của các dung dịch. Có thể phân ra hai kiểu diễn biến:

– Các cao phân tử đa phân nhánh hoặc các cao phân tử hình cầu thường chiếm một thể tích không lớn lắm và có thể có hình cầu. Do ít có cản trở đến tính lưu động của dung dịch nên độ nhớt thấp và diễn biến của các dung dịch (comportement) là gần với sự diễn biến của chất lỏng Newton. Khi người ta làm thay đổi vận tốc cắt (D) của các dung dịch, ứng lực cắt (τ) tỷ lệ với D và độ nhớt là không đổi dù lực cắt như thế nào. Các kiểu keo háo nước khác có thể có diễn biến này khi chúng bị khử trùng hợp.

– Các cao phân tử bị giãn mạch có thể chiếm một thể tích rất lớn có thể so sánh với thể tích đã bị chiếm bởi các phân tử phân nhánh. Do có cản trở lớn đến tính lưu động của các dung dịch nên các dung dịch thường có độ nhớt cao và thuộc kiểu diễn biến của chất lỏng giả dẻo. Bởi các cao phân tử tự định hướng dần dần theo chiều của lực cắt nên độ nhớt của chúng sẽ giảm nhanh khi người ta tăng vận tốc cắt. Quan hệ giữa τ và D theo luật lũy thừa dạng:

$$D = k\tau^n$$

Kiểu lưu biến này là đặc trưng của các chất làm dày thuần túy như alginat natri hoặc galactomannan.

Ngoài ra, các cao phân tử bị giãn mạch và ít biến dạng sẽ tạo ra những dung dịch có tính giả dẻo hơn. Các cao phân tử này giống như những que cứng và khi trên một nồng độ giới hạn nào đó, chúng không thể quay tự do nữa rồi đứng im ở trạng thái cân bằng bền nhờ các tương tác yếu. Sự diễn biến này là đặc trưng của các dung dịch xanthan.

ăng cho sự hydrat

các liên kết giữa
sự phân nhánh và
canxi đối với các

glycan thường phụ
kết giữa chúng.

đó là một sự làm
dung dịch nhất
lượng bằng nhau,
hơn độ nhớt của

in từ sẽ quyết định

cấu thường chiếm
đến tính lưu động
aportement) là gần
rạn tốc cắt (D) của
đủ lực cắt như thế
bị khử trùng hợp.

lớn có thể so sánh
rõ lớn đến tính lưu
và thuộc kiểu diễn
đần theo chiều của
in tốc cắt. Quan hệ

vý như alginat natri

ra những dung dịch
tính và khí trên một
tìm ở trạng thái cân
của các dung dịch

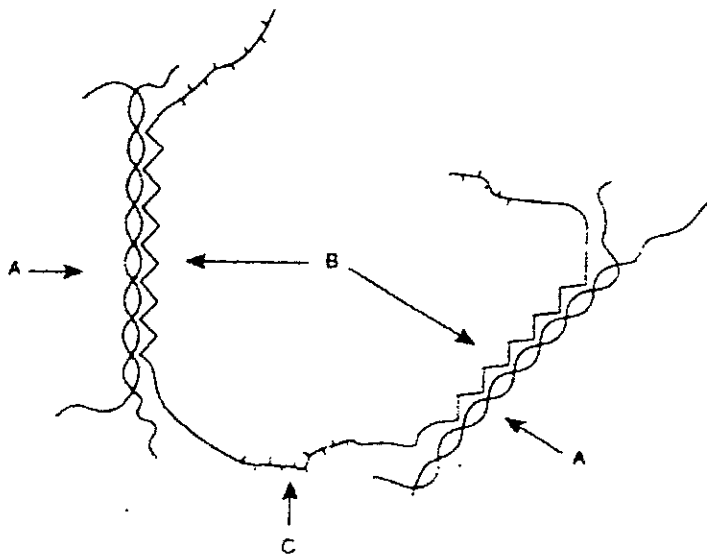
Việc tạo thành mạng lưới ba chiều dẫn đến tạo gel. Các cao phân tử được liên kết với nhau nhờ những vùng được gọi là vùng nối hạn chế. Năng lượng của các liên kết trong các vùng này và số lượng của chúng đảm bảo cho gel có độ cứng và có đặc tính thuận nghịch hay không.

Các vùng nối có được bằng cách ghép các phần đều đặn của cao phân tử nhờ sự trợ giúp hay không trợ giúp của một tác nhân nối như các ion hai hóa trị thành dạng xoắn ốc hoặc dạng những băng xếp nếp. Trong khi đó, các phần không đều đặn sẽ tạo ra các sợi tự do làm ngắt quãng các vùng nối, do đó hình thành nên mạng lưới.

Có thể lấy trường hợp các alginat làm ví dụ. Alginat vốn có thể được dùng như những chất làm dày hoặc như chất tạo gel tùy theo sự có mặt hay không có mặt các ion canxi. Các alginat đã biết rõ là những chất tạo gel thường rất giàu các đoạn chứa axit guluronic. Cation tạo cầu nối không bắt buộc phải có nồng độ rất cao nếu không keo sẽ vượt quá giai đoạn tạo gel và sẽ kết tủa. Ngược lại, nếu nồng độ cation chưa đủ thì sẽ xảy ra hiện tượng làm dày của dung dịch và diễn biến của dung dịch càng ngày càng giả dèo.

7.11.3. Hiện tượng hiệp trợ

Các dung dịch glycan có thể được tạo thành từ một kiểu phân tử duy nhất hoặc được tạo thành bằng cách kết hợp nhiều polysaccharide. Do các tính chất khác nhau và bổ sung nhau của chúng mà các keo háo nước thường được sử dụng theo cách hiệp trợ. Lấy một số ví dụ:



Hình 7.10. Cơ chế tương tác giữa κ hoặc λ carrageenan và galactomannan.

Các phân tử xanthan dưới dạng xoắn ốc cứng có thể liên kết với galactomannan nhờ các vùng không có nhánh galactose làm trung gian. Cũng như vậy, gồm caroube (locus bean gum) vốn chứa ít các nhánh galactose được phân bố một cách không đều đặn do đó sẽ tạo được gel với xanthan trong khi đó với gồm guar thì chỉ làm tăng được độ nhớt. Các gel xanthan/caroube (locus bean gum) thường thuận nghịch nhiệt, rất cố kết và gel sẽ có độ bền cực đại khi có tỷ lệ xanthan/caroube (locus bean gum) bằng 1. Cũng như vậy, các phần thiếu vắng galactose của caroube (locus bean gum) có thể đến được gần các xoắn ốc kép của Kappa carrageenan để tạo ra một mạng lưới có cấu hình gần với cấu hình của mạng lưới thu được bởi iota carrageenan. Gel thu được đàn hồi và trong suốt.

Các tương tác có thể xảy ra giữa các xoắn kép của carrageenan (A) và các vùng "trơn" của một phân tử caroube (locus bean gum) (B), các vùng "ruòm rà" (C) dùng làm những đầu nối uyển chuyển.

Các kem đá hoặc kem rượu sẽ có độ bền lâu khi thêm một vật hỗn hợp gồm carrageenan và gồm guar. Trong công nghiệp các sản phẩm thịt, carrageenan kappa luôn luôn được liên kết với một hoặc nhiều keo háo nước khác, chẳng hạn như trong kỹ thuật chà Jambon (massage du Jambon) trong chân không sau khi đã bơm nước mắm có chứa chất tạo gel vào.

7.11.4. Tương tác với các protein

Bằng cách trộn các dung dịch protein và dung dịch glycan, có thể thu được ba kết quả sau:

– Một hệ hai pha lỏng (nhũ tương nước trong nước): Hệ này có thể thu được khi những hợp chất cao phân tử đều ở trong những pha khác nhau. Hiện tượng này là do sự tương hợp nhiệt động bị hạn chế của các protein và của các glycan trong một môi trường nước.

– Một hệ hai pha (tạo phức bằng sự kết tụ giọt (coacervation)) có thể thu được khi hai hợp chất cao phân tử đều ở trong cùng pha đậm đặc. Kết quả này thường có liên quan với sự hình thành nên một phức tính điện không hoà tan giữa các protein và polysaccharide anion.

– Các dung dịch đồng thể và bền có thể thu được khi trong dung dịch này cả hai hợp phần cao phân tử đều không tương tác với nhau hoặc cả hai hợp phần đều không tồn tại dưới dạng những phức hoà tan.

Có thể kể ra một số ví dụ:

Các carrageenan có đặc tính anion đáng kể, do đó có khả năng tác dụng với các chất đa điện ly cation vì các protein có thể kết tủa với các glycan này khi pH của dung dịch thấp hơn điểm đẳng điện. Chẳng hạn, nếu ta dùng một gelatin kiểu kiềm tính thì có thể thu được những hỗn hợp carrageenan/gelatin ở pH thấp hơn 5,2.

với galactomannan
vây, gồm caroube
cách không đều
chi làm tăng được
ghịch nhiệt, rất có
bean gum) bằng 1.
gum) có thể đến
lưới có cấu hình
được đàn hồi và

m (A) và các vùng
tròn rã" (C) dùng

vật hỗn hợp gồm
carrageenan kappa
hạn như trong kỹ
bơm nước mắm

có thể thu được ba

có thể thu được khi
lượng này là do sự
trong một môi

có thể thu được
ây thường có liên
các protein và

g dịch này cả hai
phần đều không

tác dụng với các
khi pH của dung
kiểm tính thì

Trong trường hợp casein, ta có thể quan sát thấy các tương tác protein/carrageenan ở những pH cao hơn điểm đẳng điện. Sự tạo gel của carrageenan trong sữa là do tương tác carrageenan/casein và carrageenan/carrageenan. Vì vậy ta sẽ có lợi thế là phải đi qua rất nhanh vùng nhiệt độ nằm giữa các nhiệt độ tạo gel của hai hỗn hợp để tránh được các lỗi ở thành phẩm.

Nhờ tính hiệp trợ này giữa casein và các carrageenan mà lượng cần thiết để tạo gel trong các sản phẩm sữa sẽ nhỏ hơn khoảng 5 lần so với để tạo gel trong nước (0,2% thay vì khoảng 1%). Trong các sữa để uống thì lượng này là vào khoảng 0,03% thay vì 0,2% trong một đồ uống nước.

Đáng chú ý, trong các sản phẩm sữa như trong các kem đánh quậy có thể có một độ bền đơn giản bằng cách chỉ sử dụng một mình carrageenan lambda.

Chương 8

CÁC TÍNH CHẤT BỀ MẶT

8.1. Sức căng bề mặt

Trái với hiện tượng xảy ra ở trong lòng một chất lỏng nguyên chất, ở đây mọi phân tử đều ở trong một trường lực hấp dẫn (Van der Waals) cân bằng. Ở bề mặt của chất lỏng này, mỗi phân tử lại ở trong một trường mất cân bằng. Trong trường hợp một bề mặt liên pha khí/lỏng, các phân tử của chất lỏng nằm ở trên bề mặt sẽ bị hút vào lòng của chất lỏng nhờ một năng lượng bề mặt tự do. Hiện tượng như thế cũng xảy ra ở trên bề mặt liên pha của hai chất lỏng không trộn lẫn và năng lượng bề mặt liên pha là do sự không bằng nhau của các lực hút vào lòng của hai chất lỏng.

Năng lượng bề mặt liên pha này tương ứng với một công trên đơn vị diện tích và thường được biểu thị bằng J/m^2 . Nó cũng tương đương với một lực trên đơn vị chiều dài trên một mặt phẳng hai chiều và cũng có thể biểu thị bằng N/m .

Cường độ của các lực hút thay đổi với dung môi và chất hoà tan có mặt, một trong những loại phân tử bị hút kém nhất về phía tâm của dung dịch sẽ càng ít bị loại bỏ hơn những phân tử khác khỏi bề mặt nên ưu tiên được hấp phụ vào bề mặt liên pha.

Có thể quan sát được hai diễn biến sau:

- Hấp thụ âm tính các muối vô cơ đã bị loại khỏi bề mặt dung dịch.
- Hấp thụ dương tính các hợp phần hữu cơ của các tác nhân bề mặt (chất hoạt động bề mặt lưỡng cực).

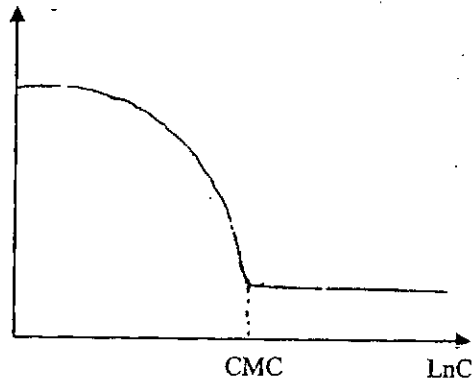
Ở trạng thái cân bằng, sức căng bề mặt liên pha γ là một hàm của mật độ các phân tử ở bề mặt liên pha tức là hàm của nồng độ C trong dung dịch.

Theo hình 8.1, sức căng bề mặt sẽ giảm khi nồng độ của chất hoà tan ở trong dung dịch tăng lên cho đến khi thu được một đoạn nằm ngang tương ứng với sự hình thành các mixen của các chất hoạt động bề mặt; nồng độ tối thiểu đó được gọi là nồng độ mixen tới hạn (CMC).

Sự khuếch tán và sự hấp phụ các phân tử ở bề mặt liên pha thường là những hiện tượng chậm bởi lẽ các phân tử bị hấp phụ lần đầu tiên sẽ chống lại sự đi đến của các phân tử mới và hậu quả là xảy ra nhiều sự sắp xếp lại trước lúc bão hoà bề mặt liên pha.

Vì các phân tử nước là nhỏ và rất có cực (liên kết rất mạnh giữa các phân tử phụ thuộc vào nhiệt độ) nên chúng thường có dưới dạng chất lỏng có sức căng bề mặt mạnh nhất (73 mN/m ở 20°C). Sức căng bề mặt sẽ giảm rất nhanh cùng với sự tăng nhiệt độ.

Sức căng bề mặt liên pha



Hình 8.1. Ảnh hưởng của nồng độ chất hoà tan đến sức căng bề mặt liên pha.

8.2. Hấp phụ ở bề mặt liên pha các phân tử chất hoạt động bề mặt

Nồng độ chất hoà tan bị hấp phụ ở bề mặt liên pha có thể tính được theo định luật Gibbs:

$$C_{\text{ở bề mặt liên pha}} = \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\gamma}{dC}$$

C: nồng độ của chất hòa tan trong dung dịch;

$\frac{d\gamma}{dC}$: biến thiên của sức căng bề mặt theo nồng độ.

Định luật này cho rằng nhiệt độ là không đổi (đẳng nhiệt) và những chất hòa tan làm giảm sức căng bề mặt thường có nồng độ ở bề mặt liên pha cao hơn trong dung dịch (trường hợp có chất hữu cơ). Ngược lại các ion vô cơ thường liên kết ưu tiên với nước để tạo ra những hydrat rồi đi khỏi bề mặt liên pha vì ở đây môi trường nước ít thuận lợi cho sự solvat hóa.

8.2.1. Hấp phụ các chất hoạt động bề mặt

Thường có hai kiểu chất hoạt động bề mặt tập trung ở bề mặt liên pha. Chất hoạt động bề mặt hòa tan trong chất béo và chất hoạt động bề mặt hòa tan trong nước (dạng ion và phi ion).

+ Chất hoạt động bề mặt hòa tan trong chất béo. Đó là những phân tử có chứa một cực kỵ nước (đuôi) được cấu tạo bởi một chuỗi hydro cacbon từ C₈ đến C₁₈ và một cực ưa nước (đầu) như các nhóm rượu (OH), nhóm axit (-COOH) hoặc nhóm amin (-NH₂) ví dụ như Lauryl alcol.

ột chuỗi béo, các
(đó là những xà

chứa các nhóm

nước hoặc trong
được gắn vào bộ
tan trong nước sẽ
là loại này là các

ở giữa các nhóm
nhận nghiệm gồm
s, ưa dầu HLB
chất hoạt động

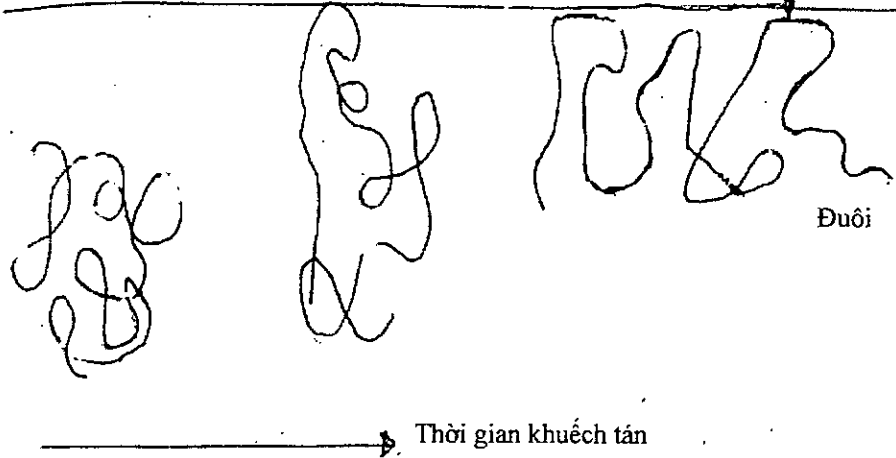
ên.
ước.

từ những đoạn
ly nước cũng tốt
sức căng bề mặt
và trải ra (do tự
hệ hai nền tăng
thuộc vào tính
ng độ ở bề mặt

tein C_s ở trong
au để đi vào bề
tử đã được hấp

Bề mặt liên pha

Phần thân



Hình 8.2. Biến tính một protein ở bề mặt liên pha.

Vận tốc hấp phụ có thể được biểu diễn bằng:

$$\text{Log} \frac{dC_i}{dt} = \text{Log} KC_s = \frac{P\Delta A + qE}{kT}$$

q = diện tích của phân tử.

E = thế tĩnh điện của các điện tích ở bề mặt liên pha.

qE = năng lượng chống lại sự hấp phụ.

Phương trình này cho phép tính được ΔA từ đồ thị $\text{Log} \frac{dC_i}{dt}$ phụ thuộc vào P .

Với những dung dịch trung tính có các lực đẩy tĩnh điện nhỏ thì ΔA nằm giữa 1 và $1,75 \text{ nm}^2$. Đối với các protein hình cầu là protein chỉ tự hấp phụ được bằng một chỗ quanh kỵ nước. Ở những pH kiềm tính, phân tử bị giãn mạch nhiều hơn, ΔA sẽ cao hơn, song nồng độ ở bề mặt liên pha hay đúng hơn là lớp protein ở bề mặt liên pha sẽ giảm.

8.2.3. Các hiệu ứng của hình thể phân tử đến các hiện tượng hấp phụ các polymer

Khả năng hấp phụ của các protein và của các polysaccharide ở bề mặt liên pha phụ thuộc vào độ mềm dẻo của chuỗi polymer và vào các khả năng giãn mạch của nó. Ví thể casein β là protein không có cấu trúc bậc ba nên sẽ hấp phụ một cách nhanh chóng hơn lysozym vì phân tử của nó có độ mềm dẻo hơn và có khả năng tự giãn mạch theo các đặc trưng của môi trường hơn.

Các nhân tố khác nhau có ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ ở bề mặt liên pha:

+ pH có vai trò đáng kể trong trường hợp phân tử có hình thể thống kê, sự di chuyển của casein đến bề mặt liên pha là cực đại ở pHi (mặc dù độ hòa tan thấp). Đó là bởi không có lực đẩy tĩnh điện nên phân tử sẽ tự hấp phụ bằng cấu trúc chắc gọn ở công kênh. Một sự gia tăng lực ion sẽ làm nhẹ bớt các hiệu ứng của pH.

+ Sự biến tính trước các protein bằng đun nóng hoặc bằng thuốc thử biến tính cũng sẽ làm gia tăng vận tốc hấp phụ.

8.2.4. Cấu trúc và tính chất của màng mỏng ở bề mặt liên pha

Độ dày của màng mỏng sẽ thay đổi theo nồng độ ở bề mặt liên pha. Đối với các protein hình cầu thường có nồng độ lớn hơn các protein đã bị giãn mạch. Kết quả là các protein đã bị giãn mạch ngay cả nếu chúng làm giảm một cách mạnh mẽ sức căng bề mặt thì chúng sẽ tạo ra được những màng mỏng ít nhất, trái lại các protein hình cầu thì dễ dàng tạo ra những màng mỏng có tính đàn hồi. Các polysaccharide thường cải thiện độ nhớt các màng mỏng ở bề mặt liên pha hoặc do tạo ra được màng mỏng thể gel hay do tạo ra một phức đã gel hóa với protein đã được hấp phụ.

Độ nhớt bề mặt thường được đo bằng một lưu biến kế đặc biệt có trang bị một đĩa quay đặt ở bề mặt liên pha.

8.3. Tính chất nhũ hoá

8.3.1. Định nghĩa về các nhũ tương

Các nhũ tương là những thể phân tán của hai chất lỏng không trộn lẫn mà một trong hai có mặt dưới dạng những giọt nhỏ của pha bị phân tán, còn chất lỏng kia dưới dạng pha phân tán liên tục. Phần lớn các nhũ tương thực phẩm thuộc một trong hai kiểu.

Các giọt dầu trong nước D/N (O/W): Dầu trong nước.

Các giọt nước trong dầu N/D (W/O): Nước trong dầu.

Thuật ngữ "nước" để chỉ một chất lỏng có cực hảo nước, thường là một dung dịch nước. Còn thuật ngữ "dầu" để chỉ một chất lỏng kỵ nước (mỡ nóng chảy, dầu thực vật, động vật, tinh dầu). Nhiều nhũ tương thực phẩm còn chứa các bọt khí hoặc các chất rắn phân tán. Đường kính của các giọt chất lỏng bị phân tán vào khoảng 0,1 – 10 μm .

Nếu tỷ lệ các thể tích pha (phần trăm thể tích) là nhỏ thì pha ít nhất thường là pha bị phân tán. Nếu tỷ lệ thể tích gần bằng 1 thì có nhiều nhân tố khác sẽ xác định kiểu nhũ tương.

Thể tích phần của pha bị phân tán với các giọt hình cầu có kích thước đồng đều và tiếp xúc sát với nhau bằng 0,741 hay 74,1% thể tích toàn bộ. Tỷ lệ này có thể cao hơn nếu các giọt có cùng kích thước nhưng không phải hình cầu mà bị biến dạng do

ở bề mặt liên pha.
thể thống kê, sự di
hòa tan thấp). Đó là
cấu trúc chắc gọn ít
pH.
thuộc thứ biến tính

ở bề mặt liên pha

liên pha. Đối với các
mạch. Kết quả là các
bánh mề sức căng bề
protein hình cầu thì
amide thường cải thiện
làng mỏng thể gel hay

biệt có trang bị một

lòng trộn lẫn mà một
chất lỏng kia dưới
một trong hai kiểu.

thường là một dung
nóng chảy, dầu thực
khí hoặc các chất rắn
1 - 10 μm .

pha ít nhất thường là
tổ khác sẽ xác định

kích thước đồng đều
Tỷ lệ này có thể cao
mà bị biến dạng do

chèn ép lẫn nhau. Có thể đồng nhất kiểu nhũ tương, chẳng hạn bằng cách thêm nước vào trong một nhũ tương dầu trong nước: trong trường hợp này sẽ thu được sự pha loãng nhũ tương đơn thuần. Ngược lại, nếu thêm dầu thì dầu sẽ tạo ra một pha tách biệt. Các nhũ tương D/N thường có dạng kem, còn các nhũ tương N/D lại có dạng nhầy.

Nhiều tính chất của nhũ tương thường là những tính chất của pha liên tục hơn là những tính chất của pha bị phân tán, sẽ quyết định chất lượng của nhũ tương.

8.3.2. Sự hình thành của các nhũ tương

Các protein trong dung dịch pha phân tán thường làm dễ dàng cho việc hình thành các nhũ tương. Sự khuếch tán, sự hấp phụ ở bề mặt liên pha nước dầu, độ mềm dẻo và khả năng đàn hồi của các protein bị hấp phụ là những yếu tố quan trọng khi hình thành nhũ tương.

Việc hình thành các giọt nhũ tương sẽ đi đôi với việc tạo nên một bề mặt liên pha quan trọng giữa hai pha lỏng không trộn lẫn được. Bề mặt phân chia này sẽ tăng theo luật số mũ khi đường kính của các giọt giảm (với cùng một lượng pha bị phân tán) và có thể đạt đến $1 \text{ m}^2 \text{ ml}^{-1}$ nhũ tương.

Sự hình thành một nhũ tương bao gồm một sự tăng bề mặt liên pha kèm theo sự tăng năng lượng tự do.

Mọi chất lỏng bị phân chia đều có xu hướng giảm càng nhiều càng tốt bề mặt tiếp xúc của nó với không khí hoặc với một chất lỏng khác không trộn lẫn được, nên việc tạo ra bề mặt liên pha quan trọng sẽ đòi hỏi cung cấp một năng lượng ΔE_s tỷ lệ với diện tích ΔA và sức căng bề mặt liên pha γ .

$$\Delta E_s = \Delta A \cdot \gamma.$$

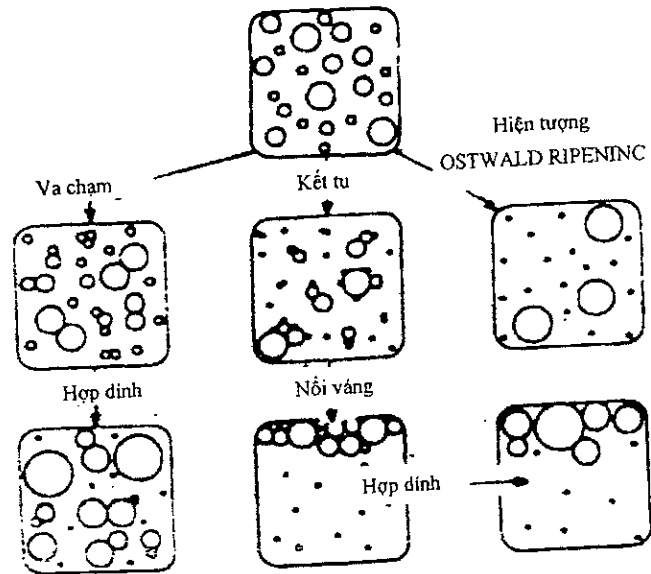
Để cung cấp năng lượng này, người ta thường dùng các thiết bị trộn nhanh, máy đồng hóa hoặc các hệ thống siêu âm.

Sự hình thành một nhũ tương có thể được đánh giá qua việc đo công cơ học cần thiết để nhũ hoá. Sức căng bề mặt liên pha càng nhỏ thì nhũ tương thu được càng dễ dàng. Vai trò nhũ hóa của các tác nhân hoạt động bề mặt là làm giảm sức căng bề mặt liên pha bằng cách tự hấp phụ vào bề mặt liên pha. Trong trường hợp là polymer thì chúng lại tạo ra một màng mỏng ở bề mặt liên pha có tính cố kết và cứng xung quanh các giọt. Nếu màng mỏng này được tạo ra từ polymer hoặc từ các phân tử tích điện thì nhờ lực đẩy tĩnh điện có thể tham gia vào việc làm bền nhũ tương.

Các tương tác protein - protein, độ nhớt đàn hồi của màng mỏng, lực, sự tích điện, sự hydrat hoá... thường ảnh hưởng đến độ bền của nhũ tương.

8.3.3. Sự khừ bền của nhũ tương

Sự khừ bền các nhũ tương dựa trên cùng những cơ chế của sự khừ bền các thể phân tán. Sự nổi váng, sự kết tụ, sự hợp dính và sự đảo pha là những quá trình có vai trò lớn trong sự khừ bền các nhũ tương (hình 8.3).



Hình 8.3. Các giai đoạn khác nhau của sự khừ bền một nhũ tương.

Pha bị phân tán thường linh động và sau những va chạm của các giọt sẽ tạo ra các tập hợp, rồi các tập hợp có thể tự liên kết lại với nhau bằng các liên kết yếu để hình thành ra các kết tụ tương đối bền hoặc các giọt riêng rẽ có thể tự hợp dính lại. Khi tỷ trọng của hai pha khác nhau, chúng sẽ có xu hướng tách ra bằng một quá trình gọi là sự nổi váng tương tự như sự tách kem ra từ sữa. Tỷ lệ tách ra sẽ phụ thuộc vào kích thước của các giọt dầu riêng rẽ hoặc vào kích thước của các kết tụ. Hiện tượng Ostwald ripening (hiện tượng chín Ostwald) là sự tăng thể tích của các cầu béo lớn hơn làm thiệt hại các cầu béo nhỏ hơn khiến các cầu béo nhỏ này biến mất. Điều này sẽ xảy ra trong trường hợp mà pha bị phân tán hòa tan được một cách nhẹ nhàng trong pha liên tục.

+ Sự nổi váng là sự hình thành ra một lớp đậm đặc hoặc một pha như kem tách biệt khỏi (với) pha nước do sự di chuyển của các giọt dầu. Ta đều biết dưới ảnh hưởng của trọng lực, vật sẽ rơi với tốc độ tăng dần cho đến khi lực ma sát cân F_f cân bằng với lực hấp dẫn F_g . Bắt đầu từ thời điểm đó, sự rơi sẽ diễn ra với tốc độ không đổi V_0 .

$$F_f = 6\pi\mu rv \text{ và } F_g = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_0 - \rho)g$$

nhữ bên các thể
quá trình có vai

$$V_0 = \frac{2}{9} r^2 \frac{(\rho_0 - \rho)g}{\mu}$$

Trong đó: V_0 : tốc độ rơi hay di chuyển của giọt;

r : bán kính của giọt;

ρ_0 : tỷ trọng của pha liên tục;

ρ : tỷ trọng của giọt hay của pha bị phân tán;

g : gia tốc trọng trường;

μ : hệ số nhớt của pha liên tục.

Sự di chuyển của các giọt sẽ càng chậm khi kích thước của các giọt càng nhỏ, hiệu số tỷ trọng của hai pha càng bé và độ nhớt của pha phân tán càng cao.

+ *Sự kết tụ* là do sự mất cân bằng giữa lực đẩy nhỏ (ion) và lực hút được gia tăng lên (lực Van der Waals). Điều này dẫn đến các giọt dịch lại gần nhau để tạo ra các tập hợp hoặc các kết tụ. Hiện tượng này thuận nghịch vì các tương tác là yếu.

+ *Sự hợp dính*: Là sự phá hủy các màng mỏng ở bề mặt liên pha dưới ảnh hưởng của sự nén của các giọt bằng ly tâm chẳng hạn sẽ dẫn đến sự hợp nhất giọt. Kích thước của chúng sẽ gia tăng lên, còn số lượng của chúng thì lại giảm xuống trong pha liên tục. Điều này sẽ dẫn đến sự tách pha bằng sự nổi vầng, hiện tượng này là không thuận nghịch và phụ thuộc vào chất lượng của màng mỏng ở bề mặt liên pha, vào tính chất cố kết, độ bền và độ nhớt đàn hồi của chúng.

Có thể kim hãm quá trình hợp giọt bằng cách thêm các phân tử vào pha liên tục. Các phân tử sẽ tác dụng bằng cách:

- *Làm tăng độ nhớt*: Đó là trường hợp các polysaccharide có khối lượng phân tử cao như gôm xanthan, gôm guar, các alginat, các carrageenan, gelatin cùng tác dụng theo cùng một cách là tạo ra một mạng lưới gel trong pha liên tục, do đó sẽ làm ngừng sự nổi, sự kết tụ (độ nhớt của màng mỏng tăng lên).

- *Làm bền nhũ tương bằng tính điện hoặc bằng polymer*. Đó là trường hợp tạo ra một lớp protein ở bề mặt liên pha dày, có tính nhớt đàn hồi và bền, ngăn cản được sự hợp giọt.

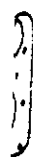
Việc thêm các chất hoạt động bề mặt sẽ làm ổn định bề mặt liên pha, song tác dụng của chúng sẽ phụ thuộc vào bản chất hóa học của chất hoạt động bề mặt (giá trị cân bằng ưa nước ưa dầu (HLB), vào sự cạnh tranh mà chúng tiến hành do sự hấp phụ các protein và các polysaccharide.

Sự ổn định bởi các protein thường phụ thuộc nhiều vào nồng độ và có độ bền cao nhất khi nồng độ protein cao hơn 3%.

Các chất nhũ hóa có thể được sử dụng để làm bền các nhũ tương.

a) Các chất điện ly vô cơ thường mang đến cho các giọt bị phân tán những điện tích tĩnh điện.

ENC



nhũ tương.

các giọt sẽ tạo ra
kết yếu để hình
đính lại. Khi tỷ
quá trình gọi là sự
vào kích thước
tương Ostwalt
hơn làm thiệt
sẽ xảy ra trong
pha liên tục.

pha như kem tách
dưới ảnh hưởng
cân bằng với
đồng đội V_0 .

b) Các chất hoạt động bề mặt có cấu trúc lưỡng cực sẽ hướng các đầu kỵ nước và háo nước của mình vào hai phía tương ứng của bề mặt liên pha D/N. Sự tích tụ phân tử như thế ở bề mặt liên pha sẽ làm giảm đáng kể sức căng bề mặt liên pha, với chất hoạt động bề mặt đã ion hóa cũng có thể cung cấp điện tích tĩnh điện cho các giọt bị phân tán.

c) Các chất liệu không hòa tan, được phân chia rất mịn và được nhúng ướt bởi cả hai pha khi được hấp phụ vào bề mặt liên pha sẽ tạo ra một rào chắn chống lại sự hợp giọt.

d) Các cao phân tử hòa tan được trong pha liên tục có vai trò làm bền nhũ tương hoặc bởi chúng làm tăng được độ nhớt của pha này (như các polysaccharide có khả năng làm dày thường được gọi là chất nhũ hóa thứ cấp), hoặc bởi chúng tự hấp phụ vào bề mặt liên pha (các protein) tạo rào chắn chống lại sự hợp giọt.

+ Sự đảo pha tương ứng với sự đi qua từ một nhũ tương D/N sang một nhũ tương N/D hoặc ngược lại, khi thể tích của pha bị phân tán tăng lên. Trong quá trình đi qua này, nó sẽ hình thành nên các trạng thái trung gian hoặc nhũ tương bội kiểu N/D/N và D/N/D (Haling).

Các chất nhũ hóa hay các chất làm bền nhũ tương là những chất hoạt động bề mặt và thường được đưa ngay vào lúc đầu khi điều chế nhũ tương. Một hỗn hợp nhiều chất nhũ hóa thường cho hiệu quả cao hơn khi dùng một chất. Chọn chất nhũ hóa thường làm như sau: tính tỷ lệ phần trăm của khối lượng phân tử và phần ưa nước của phân tử. Dem tỷ lệ phần trăm này chia cho 5 thì được chỉ số cân bằng ưa nước ưa dầu (HLB). Ví dụ glyxeryl monostearat có $HLB = 3,8$.

Chẳng hạn, chọn chất nhũ hóa cho nhũ tương gồm hai chất, một rất háo nước và chất kia rất kỵ nước (ưa béo). Đầu tiên trộn hai chất này theo những tỷ lệ khác nhau rồi xem ứng với tỷ lệ nào sẽ hình thành nhũ tương bền nhất. Tỷ lệ này sẽ tương ứng với một HLB tổng thể nào đó. Tiếp đó tìm chất nhũ hóa có cùng HLB. Thường những tác nhân và hỗn hợp có HLB cao sẽ làm bền các nhũ tương D/N, còn các nhũ tương nước dầu (N/D) lại được làm bền bởi tác nhân có HLB thấp. Các chất tẩy rửa hoặc chất làm bền pha phân tán nước đều có HLB cao.

Sự khử bền các nhũ tương có thể được gia tăng lên bằng:

- Ly tâm: Ly tâm sẽ làm gia tăng sự nổi vầng và bằng cách ép các giọt lại với nhau sẽ gây ra sự kết tụ rồi tiếp đó là sự hợp dính.

- Sốc nhiệt (hay xung đột nhiệt): Sự làm lạnh đông tiếp đó là làm tan băng và các tinh thể lipid to lên và thâm nhập vào trong các giọt rồi bằng cách xuyên qua và làm hỏng các lớp ở bề mặt liên pha.

Trong
suất
trộn
sử d

Khu
Thi
nghi
Coi :
Máy
Sóng

chứ
chứ
dầu/
về n
nhà

thực
chú
độc
thàn
đượ
trộn
ngu

mỗi
trun

8.3.4. Các phương pháp tạo nhũ tương.

Để tạo được một nhũ tương bền cần phải có một sự khuấy cơ học có hiệu quả. Trong công nghiệp thực phẩm, phương pháp phổ biến là phương pháp đồng hóa có áp suất cao bằng cách sử dụng một máy đồng hóa có van. Kích thước của các giọt nhũ tương sẽ phụ thuộc vào lưu lượng vào (đồng vào) và sẽ thay đổi nhiều tùy theo thiết bị sử dụng (bảng 8.1).

Bảng 8.1. Các phương pháp tạo nhũ tương khác nhau

Phương tiện sử dụng	Đường kính các giọt (μm)	Hiện tượng tạo thành
Khuấy mạnh bằng tay	20 – 50	
Thiết bị trộn (kiểu phòng thí nghiệm)	5 – 10	Dòng chảy tầng
Cối xay keo	1 – 2	
Máy đồng hóa áp suất cao	1	Dòng chảy rối
Sóng siêu âm	< 1	Khí xâm thực

8.3.5. Các đặc trưng và các chức năng của chất nhũ hóa

Các tác nhân nhũ hóa thường là các hợp chất lưỡng tính có cấu trúc hóa học vừa chứa các chức năng nước và các chức năng kỵ nước. Cấu trúc hóa học đặc biệt này tạo cho chúng có được những tính chất nhũ hóa vì lẽ khi đặt mình vào bề mặt liên pha dầu/nước, các phân tử này sẽ làm tăng độ bền của một hệ thống vốn không bền vững về nhiệt động học. Hiển nhiên là một số protein cũng có thể được xem như những tác nhân nhũ hóa.

Tuy nhiên, cần phải chú ý rằng sự định nghĩa về chức năng này rất hạn chế, và thực tế vai trò của các tác nhân nhũ hóa vượt quá khả năng làm bền nhũ tương của chúng rất nhiều. Cấu trúc lưỡng tính giúp cho các phân tử này những tính chất lý học độc nhất, cho phép chúng làm bền được các bề mặt liên pha không khí/nước, hình thành được các phức với các polymer sinh học (tinh bột, protein) cũng như kiểm soát được sự kết tinh của các chất béo. Các tính chất này có những ảnh hưởng rất quan trọng đến kết cấu và sự bảo quản các thực phẩm cũng như đến các dự định đưa các nguyên liệu vào trong thành phần của các thực phẩm.

8.3.5.1. Các tính chất hóa lý

+ Độ hòa tan:

Tính hiệu quả của một chất nhũ hóa trước hết có liên quan với độ hòa tan trong mỗi pha trong hai pha. Độ hòa tan của mọi tác nhân hoạt động bề mặt thường được đặc trưng bằng độ cân bằng ưa nước của mình viết tắt là HLB.

Các giá trị HLB của các chất nhũ hóa thường nằm trong khoảng từ 1 đến 20, giá trị HLB càng nhỏ, chất nhũ hóa càng ưa béo và ngược lại. Nói chung các tác nhân nhũ hóa có HLB giữa 1 và 6 thường làm bền được các nhũ tương nước trong dầu, còn các chất có HLB giữa 12 và 18 thì làm bền được các nhũ tương dầu trong nước. Người ta cũng có thể đánh giá một cách gần đúng giá trị HLB của một hỗn hợp các chất nhũ hóa bằng cách tính giá trị số học trung bình của các HLB của mỗi hợp phần.

Sự hiểu biết chỉ số này cho phép có được một sự chọn lựa đầu tiên một chất nhũ hóa để dùng, song không cho phép tiên đoán một cách hoàn hảo tính hiệu quả của một hỗn hợp chất nhũ hóa này hay khác để làm bền một nhũ tương đã xác định. Thật vậy, việc đo đạc HLB thường không tính đến một số thông số nào đó như sự hydrat hóa của phần có cực và các tương tác với những hợp chất khác có mặt trong thực phẩm (các ion, các lipid có cực khác, các protein...). Các thông số này trong nhiều trường hợp sẽ làm đảo lộn các tính chất hóa lý của tác nhân nhũ hóa. Hơn nữa HLB lại ít nhạy cảm với việc đưa một liên kết đôi vào trong chuỗi béo (oleat và stearat chẳng hạn) trong khi đó trong thực tế các tính chất lại rất khác nhau. Vậy nên, hai tác nhân nhũ hóa có cùng HLB song lại không có cùng những tính chất chức năng.

Thêm vào đó sự hydrat hóa của đầu có cực là một nhân tố hiếm khi được coi là quan trọng đến mức độ sử dụng của các tác nhân nhũ hóa, trong khi đó sự hydrat hóa sẽ góp phần quan trọng vào việc tổ chức và vào các tính chất lưu biến của màng mỏng ở bề mặt liên pha.

+ Trạng thái vật lý và hiện tượng tinh thể lỏng:

Tính hiệu quả của một tác nhân nhũ hóa trong việc phối chế một sản phẩm thực phẩm thường được quy định bởi trạng thái vật lý trong đó nó có mặt. Ta đều biết rằng trạng thái vật lý này thường phụ thuộc vào cấu trúc hóa học và hai thông số chủ yếu là nhiệt độ và hàm lượng nước vốn quyết định sự tổ chức của các chuỗi béo với nhau. Vậy nên, đối với mỗi kiểu chất nhũ hóa, người ta đã miêu tả các cấu trúc đặc trưng khác nhau hay là các trạng thái trung gian khác nhau (mesophase).

Dưới dạng kết tinh, khi vắng mặt nước, các phân tử lưỡng tính thường được kết tinh dưới dạng "a" (hình 8.4a), các chuỗi hydrocacbon được hướng song song với nhau và các nhóm có cực thì nằm cạnh nhau. Khi tiếp xúc với nước và ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ Krafft (T_c), các chuỗi hydrocacbon thường biểu thị một độ linh động lớn hơn và nước thâm nhập được vào giữa các lớp có cực (hình 8.4b). Cấu trúc này là một tinh thể lỏng ở trạng thái trung gian kiểu phiến mỏng và các tính chất của trạng thái trung gian này ít nhất sẽ quy định các điều kiện sử dụng của các chất nhũ hóa.

Trạng thái trung gian kiểu phiến mỏng này cũng được gọi là NEAT thường được đặc trưng bằng chiều dày của lớp dầu d_o và chiều dày của lớp nước d_w lần lượt là 3,8 và 1,6 nm.

dự c
pha
khô
chín
trạng
hai
của
giới
lướt

từ 1 đến 20, giá
các tác nhân như
trong dầu, còn các
nước. Người ta
các chất nhũ hóa

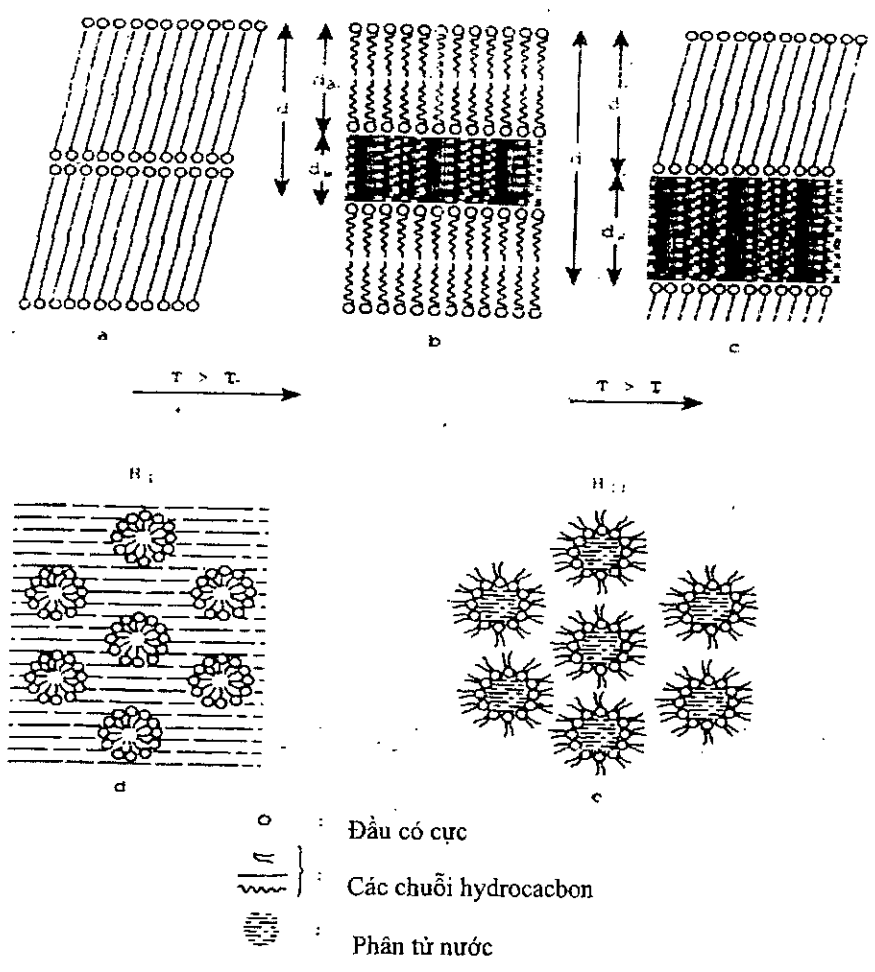
tiên một chất nhũ
hiệu quả của một
định. Thật vậy,
hydrat hóa của
thực phẩm (các
trường hợp sẽ
lại ít nhạy cảm
hạn) trong khi
nhũ hóa có cùng

khí được coi là
sự hydrat hóa
của màng mỏng

ột sản phẩm thực
Ta đều biết rằng,
ng số chủ yếu là
béo với nhau.
trúc đặc trưng

thường được kết
ng song với nhau
nhiệt độ cao hơn
động lớn hơn
này là một tinh
trạng thái trung

T thường được
lượng là 3,8 và



Hình 8.4. Sơ đồ biểu diễn các trạng thái tinh thể lỏng khác nhau.

Khi làm lạnh ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ Krafft, người ta nhận thấy có sự can dự của sự tái kết tinh các chuỗi béo và vẫn hoàn toàn giữ được cấu trúc dạng lá: đó là pha "gel a" với chiều dày d_a hơi tăng lên một ít (hình 8.4c). Pha "gel a" này thường không bền và nhanh chóng chuyển sang trạng thái "coagel với nước" bền hơn. Đó chính là trạng thái trung gian dạng phiến mỏng và trạng thái gel kết tinh "a" mà về mặt trạng thái vật lý của chất nhũ hóa ở mức độ sử dụng, đó là những trạng thái có lợi nhất.

Khi hàm lượng nước cao tạo ra pha "NEAT", pha này có thể được bảo tồn theo hai kiểu khác nhau. Người ta quan sát thấy hoặc là một sự trương phồng vô hạn định của trạng thái trung gian kiểu phiến mỏng hoặc là khả năng trương phồng tương đối có giới hạn và hình thành một thể phân tán. Thể phân tán này được cấu tạo từ các giọt lưỡng chiết có cấu trúc bên trong thuộc kiểu trạng thái trung gian dạng phiến mỏng.

Pha này thường được tạo ra một cách tự phát do nhiều phospholipid ở trạng thái huyền phù trong nước và những cấu trúc được tạo ra là những túi (bong) trong đó các phospholipid được tổ chức thành những lớp kép tương tự như lớp kép của màng tế bào. Các cấu trúc này còn được gọi là những liposom (thể béo) và có những ứng dụng rất quan trọng trong công nghiệp thực phẩm như vật tải các phân tử hoặc vật tải các enzym.

Có hai kiểu trạng thái trung gian dạng lục giác. Trong pha lục giác I hoặc pha lục giác bình thường, các lipid thường tạo thành những trụ (cylindre) không hạn định với các chuỗi hydrocarbon tạo ra phần bên trong của trụ (hình 8.4d). Các nhóm có cực thì hướng ra pha liên tục nước. Các chất hoạt động bề mặt rất háo nước thường có kiểu trạng thái trung gian này. Pha lục giác II hoặc pha lục giác ngược tương ứng với một cấu trúc trong đó nước bị nhốt ở trong trụ, còn các chuỗi hydrocarbon lại được hướng ra phía ngoài (hình 8.4e). Các chất nhũ hóa có cực yếu hoặc hỗn hợp các chất nhũ hóa bình thường có kiểu trạng thái trung gian này.

Kiểu trạng thái trung gian dạng lập phương (mesophase cubique) thường quan sát thấy trong một số trường hợp ở nhiệt độ cao. Hiện nay có 6 kiểu pha lập phương khác nhau đã được nhận dạng. Sự sắp xếp này tạo nên tính phức tạp nhất cho các tổ chức lipid.

Ta có thể phân biệt hai nhóm cấu trúc lập phương lớn: các cấu trúc có pha dầu và pha nước đều liên tục và các cấu trúc mà một trong các pha là gián đoạn, hoặc là pha nước (chẳng hạn các tập hợp mixen trong nước) hoặc là pha dầu (chẳng hạn các tập hợp mixen ngược trong dầu). Thường có sự khác nhau lớn về độ nhớt giữa các kiểu cấu trúc lập phương này. Các pha được cấu tạo nên từ các tập hợp mixen (chẳng hạn pha nước là liên tục) thường ít nhớt hơn pha gián đoạn. Kiểu cấu trúc sau cùng này có thể được quan sát thấy ở các monoglyceride nói chung vì lý do phải tránh độ nhớt rất cao của hỗn hợp. Do độ nhớt rất cao của mình, trạng thái trung gian này cũng được gọi là "độ nhớt đẳng hướng" (visqueuse isotrope). Tuy nhiên, các cấu trúc này đều rất quan trọng với các vi nhũ tương và có những ứng dụng rất quan trọng, nhất là trong việc kiểm tra hoạt tính xúc tác của một số enzym hoặc trong việc tạo màng bao các phân tử kỵ nước và háo nước khác nhau. Các trạng thái trung gian này thường chiếm ưu thế trong các hệ thống có chứa các monoglyceride không bão hòa. Chúng cũng có thể tự tạo thành với các phospholipid trong một số điều kiện hydrat hóa, nhiệt độ hoặc trong sự có mặt của các lipid khác. Chẳng hạn, 1-palmitoyllysophosphatidylcholin thường tạo ra các trạng thái trung gian lập phương ở 25 °C và có 45% nước.

Có thể liên kết hình học của phân tử với tư chất tinh thể lỏng của mình (comportement mesomorphique). Mỗi liên hệ giản đơn này có tính đến sự hydrat hóa, các tương tác ở trong phân tử, ở giữa các phân tử và cả động lực học của phân tử (đặc biệt là sự quay quanh trục). Khi sự công kênh của phân có cực và phân kỵ nước của các phân tử lưỡng tính là tương tự nhau thì hình dạng chung của phân tử là hình trụ và các cấu trúc phiến mỏng sẽ được tạo thành. Khi có sự mất cân bằng giữa phân có cực và phân kỵ nước thì hình dạng chung của phân tử là hình nón bình thường hoặc hình nón

đào ng
(bảng 8.
↑
nhất là
trường.
pH axit
độ và t
các phé
khử hy
trúc lại

B

Lys

Ph

Ph

Ph

Ac

Di

P

A

(

λ

lipi

nh

trạng thái huyền
 trong đó các
 màng tế bào.
 ứng dụng rất
 các enzym.
 giác I hoặc pha
 không hạn định
 các nhóm có cực
 thường có kiểu
 ứng với một
 lại được hướng
 các chất nhũ hóa

thường quan
 pha lập phương
 nhất cho các tổ

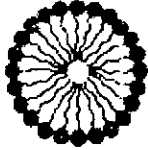

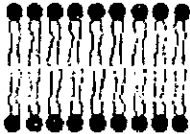

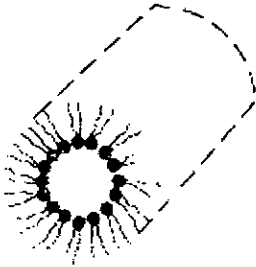

trúc có pha dầu
 đoạn, hoặc là
 (chẳng hạn các
 ở giữa các kiểu
 xen (chẳng hạn
 sau cùng này có
 tính độ nhớt rất
 cũng được gọi
 này đều rất gần
 việc kiểm tra
 phân tử kỵ nước
 thể trong các hệ
 tạo thành với
 sự có mặt của
 tạo ra các trạng

lòng của mình
 sự hydrat hóa,
 của phân tử (đặc
 kỵ nước của các
 hình trụ và các
 nhân có cực và
 hoặc hình nón

đảo ngược tương hợp lẫn lộn với sự hình thành pha lục giác II và pha mixen (bảng 8.2).

Nhiều thông số có liên quan đến tư chất tinh thể lỏng của các phân tử lưỡng tính nhất là chiều dài của chuỗi, pH môi trường, lực ion, sự có mặt của các cation trong môi trường. Vì vậy, chẳng hạn đối với axit phosphatidic thì sự có mặt của canxi hoặc một pH axit sẽ dẫn đến hình thành pha lục giác (bảng 8.2). Hơn nữa các thông số như nhiệt độ và hàm lượng nước của môi trường sẽ kéo theo một sự hydrat hóa phần có cực của các phân tử lưỡng tính thay đổi, nhờ vậy dẫn đến những sự thay đổi pha. Do đó, một sự khử hydrat hóa của đầu có cực sẽ dẫn đến sự tạo thành các cấu trúc lục giác II hoặc cấu trúc lập phương đi từ pha dạng phiến mỏng hoặc dạng lục giác I.

Bảng 8.2. Mối liên hệ giữa hình học của phân tử và hiện tượng tinh thể lỏng của các lipid có cực

Lipid	Pha	Hình học phân tử
Lysophospholipid	 Mixen	 Hình nón ngược
Phosphatidylcholine Phosphatidylinositol Phosphatidylglycerol Acide phosphatidic Digalactosyldiglycerid	 Phiến mỏng	 Hình trụ
Phosphatidylethanolamin Acide phosphatidic (Ca ²⁺ et pH < 6 ou pH < 3) Monogalactosyldiglycerid	 Lục giác	 Hình nón

Cuối cùng, cần chú ý rằng sự có mặt của các protein tương tác được với các lipid lưỡng tính có thể gây ảnh hưởng đáng kể đến hiện tượng tinh thể lỏng của các tác nhân nhũ hoá. Vậy nên các protein kỵ nước có thể cảm ứng một sự chuyển tiếp

(transition) của phosphatidylcholin từ một cấu trúc phiến mỏng sang một cấu trúc lục giác và lysophosphatidylcholin từ một cấu trúc mixen sang một cấu trúc phiến mỏng. Một số protein hình cầu kiềm tính có thể ứng xử một cách tương tự như canxi bằng cách tương tác với các phospholipid dạng anion.

8.3.5.2. Các tính chất chức năng.

Cấu trúc hóa học của các hợp chất lưỡng tính làm cho chúng có được những tính chất vật lý cho phép làm bền được các bề mặt liên pha dầu/nước và không khí/nước.

+ Sự làm bền các nhũ tương:

Chỉ số HLB cho phép tiên đoán theo kinh nghiệm tính hiệu quả của một tác nhân nhũ hoá. Độ bền tối ưu của các nhũ tương nước/dầu vào khoảng HLB nằm xung quanh 5 - 6. Ngoài vùng này, tốc độ hợp giọt gia tăng lên một cách rõ ràng và nhũ tương bị khử bền. Hơn nữa, khi giá trị HLB bằng nhau, thì sử dụng một hỗn hợp chất nhũ hóa sẽ có tính hiệu quả hơn sử dụng một chất nhũ hoá.

Nói chung, trong một nhũ tương dầu/nước thì ở bề mặt liên pha sẽ tạo ra một cấu trúc phiến mỏng, còn ở nhũ tương nước/dầu thì tại bề mặt liên pha lại tạo ra một cấu trúc lập phương hoặc cấu trúc lục giác II. Kiểu trạng thái trung gian được tạo ra thường phụ thuộc vào nhiệt độ. Chẳng hạn trạng thái trung gian dạng phiến mỏng có xu hướng chuyển sang kiểu trạng thái trung gian lập phương hoặc kiểu trạng thái trung gian lục giác II dưới ảnh hưởng của nhiệt độ. Sự tồn tại của các cấu trúc tinh thể lỏng này cho phép cất nghĩa được tại sao các monoglycerid bão hoà hoặc không bão hoà đều có khả năng làm bền các nhũ tương dầu/nước mặc dù giá trị HLB của chúng nhỏ. Thật vậy, nếu nồng độ chất nhũ hóa là đủ thì ở bề mặt liên pha sẽ tạo ra những trạng thái trung gian đa lớp (multicouche mesophase) để làm bền kiểu nhũ tương này.

+ Khả năng và tính ổn định của khả năng tương phòng:

Trong trường hợp các hệ thống hiếu khí thì chức năng của tác nhân hoạt động bề mặt là góp phần tạo ra một thể tích lớn, một kết cấu đúng và đảm bảo được độ bền chống lại sự co gel tách dịch. Tính cố kết của nhũ tương đã tương phòng được đảm bảo bởi sự kết tụ các cầu béo tạo thành một mạng lưới ở bên trong các màng mỏng của bọt. Đó là những chất nhũ hóa có xu hướng "a" (hình 8.4) (monostearate của propylene glycol, monoglyceride acetyl hoặc monoglyceride lactyl). Các chất nhũ hóa này không có tính đa hình, chỉ có thể tồn tại ở dưới điểm nóng chảy và dưới dạng tinh thể "a". Chúng dễ dàng hoà tan trong các chất béo và tạo thành một màng cứng kết tinh ở bề mặt của các cầu béo.

Sơ đồ cách tác động của các chất nhũ hóa này như sau: khi vắng mặt chất nhũ hóa thì các protein sẽ được hấp phụ vào bề mặt liên pha cầu béo/nước và ngăn cản sự kết tụ của các cầu béo. Sự có mặt của một chất nhũ hóa có xu hướng "a" sẽ khử hấp phụ chúng khỏi bề mặt liên pha và protein lại tái hoà tan vào trong môi trường nước rồi từ đây xảy ra khả năng tập hợp các cầu béo lại với nhau. Điều này có hậu quả là làm giảm sự tương phòng đi một ít, song lại làm tăng độ cứng của bọt.

một cấu trúc lục
các phiên mỏng.
như canxi bằng

được những tính
ng khí/nước.

quả của một tác
HLB nằm xung
rõ ràng và nhũ
tốt hỗn hợp chất

ta sẽ tạo ra một
ta lại tạo ra một
gian được tạo ra
tiền mỏng có xu
trạng thái trung
tính thể lỏng
tính bão hoà đều
chúng nhỏ. Thật
những trạng thái
ấy.

án hoạt động bề
mặt được độ bền
tổng được đảm
màng mỏng của
t của propylene
thóa này không
ng tinh thể "a".
ng kết tinh ở bề

ng mặt chất nhũ
và ngăn cản sự
"a" sẽ khử hấp
tương nước rồi
hậu quả là làm

Cơ chế tương tự cho phép giải thích vai trò của các monoglycerid hoặc vai trò của các chất nhũ hóa có cực hơn trong kem đá. Trong trường hợp này, sự khử bền và sự kết tụ các cấu trúc béo sẽ xảy ra trong quá trình làm lạnh đông. Cũng như vậy, trong trường hợp các bột nhào làm bánh ngọt có chứa các chất béo, sự trương phồng có được là do các protein của trứng, song lại bị ngăn trở bởi các chất béo lỏng vì chúng sẽ khử bền cấu trúc của bột. Việc đưa vào những chất nhũ hóa có xu hướng "a" sẽ ngăn cản các giọt dầu tiếp xúc với các protein của pha lỏng (do đó, hạn chế được hiệu ứng này).

Hơn nữa trong trường hợp của bánh ngọt do có hàm lượng chất béo thấp, sự trương phồng của bột nhào có thể được cải thiện bằng cách đưa vào các monoglycerid bão hoà đã chưng cất. Cần chú ý rằng việc thêm phải được tiến hành dưới dạng tinh thể lỏng phân tán hoặc dưới dạng tương ứng với gel kết tinh "a". Nhất là phải tránh lúc đưa vào hoàn toàn quá nhiệt thì sẽ dẫn đến một sự thay đổi pha và dẫn đến trạng thái trung gian lập phương nhớt đẳng hướng. Việc đưa vào này thường dẫn đến một sự phân bố đồng đều hơn của không khí trong bột nhào, một sự trương phồng đúng (correct) và một thể tích của bánh ngọt hài hoà. Cơ chế tác động của monoglycerid có thể là do sự tạo thành một màng mỏng monoglycerid protein ở bề mặt liên pha không khí/nước và chính màng mỏng này sẽ làm cho bột bền hơn, chống lại được sự hợp bột.

+ Các tương tác với các phân tử sinh học:

Việc hình thành các phức giữa các tác nhân hoạt động bề mặt với tinh bột và/hoặc với các protein tạo ra một trong những cơ sở cần thiết để sử dụng các chất nhũ hóa trong công nghệ thực phẩm, đặc biệt là sử dụng như những tác nhân chống se lại (antirassisant) trong các sản phẩm bánh mì.

Chúng ta đã biết, amylose có khả năng tạo phức bao (complexe d'inclusion) với lipid. Các monoglycerid đã hydrogen hóa và đã được chưng cất, các stearoyl lactylat là những chất có khả năng phản ứng nhất với amylose. Các monoglycerid không được hydrogen hóa thường kém hiệu quả hơn bởi chúng còn chứa một tỷ lệ đáng kể các axit béo không no với sự có mặt các nối đôi sẽ hạn chế khả năng bao vùi của các chuỗi béo vào bên trong xoắn ốc của amylose. Cũng như thế, lecithin của đậu tương và các dẫn xuất hữu cơ của monoglyceride thường có một hiệu quả rất hạn chế. Trên cơ sở của phức bao sẽ không lấy làm lạ rằng các tác nhân nhũ hóa được cấu tạo từ nhiều chuỗi béo (no) (aliphatic) thường khó tạo phức với amylose. Cũng không phải như thế đối với các tác nhân nhũ hóa monoacyl như monostearate sorbitan hoặc monostearat propylene glycol. Sự thực các nhân tố khác như độ khuếch tán của lipid trong pha nước cũng quan trọng. Vậy nên các lipid monoacyl vốn tạo ra được các cấu trúc phiên mỏng hoặc cấu trúc mixen trong nước đều là những chất tạo phức với amylose tốt hơn là các lipid tạo ra các cấu trúc lục giác. Có thể là do sự kết hợp giữa các phân tử lipid sẽ làm hạn chế sự tạo phức của các tác nhân nhũ hóa monoacyl. Trong bột nhào, các tương tác với protein có thể cũng tạo ra một cản trở cho sự tạo phức của các lipid với amylose.

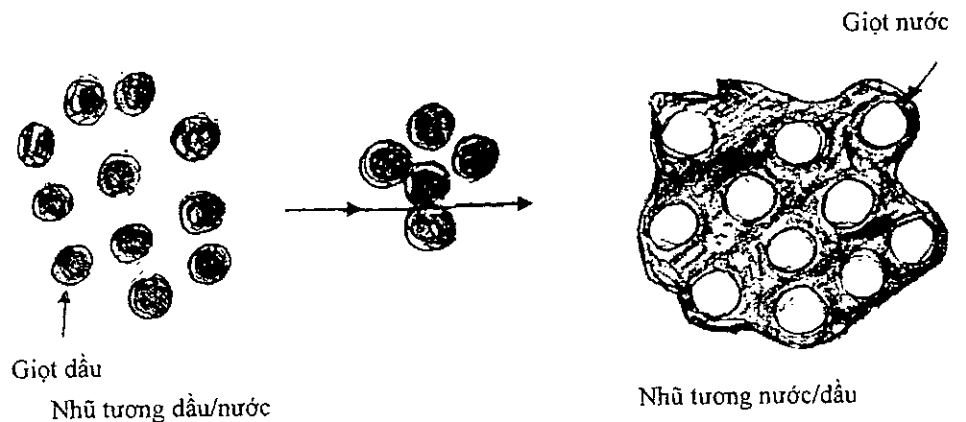
Việc đưa các monoglyceride bão hoà vào trong các sản phẩm bánh mì công nghiệp có mục đích hạn chế tốc độ rắn lại của ruột bánh. Người ta chưa có bằng chứng

để mô tả cơ chế của quá trình. Người ta nghĩ rằng các chất nhũ hóa này có liên quan với những giai đoạn khác nhau của quá trình làm bánh. Trong quá trình nhào, các monoglyceride được phân bố trong toàn bột nhào và có thể bị hấp phụ vào bề mặt của các hạt tinh bột. Sự hấp phụ này có mục đích hạn chế sự trương phồng của các hạt tinh bột trong quá trình nướng. Chính là lúc bắt đầu nướng sẽ tạo ra các phức bao giữa amylose và monoglyceride do sự khuếch tán của monoglyceride vào bên trong các hạt tinh bột. Khi làm nguội thì amylose đã tạo phức sẽ kết tủa rồi đông đặc lại ở bên trong các phân tử, làm cho sự tổ chức lại của các chuỗi amylopectin khó khăn hơn.

Ngoài ra, việc đưa vào các chất nhũ hóa dạng ion (stearyl lactylat và ester diacetyltartric của các monoglyceride) và một số chất nhũ hóa trung tính (chẳng hạn như sucro-glycerid) có mục đích cải thiện tính chịu nhào, khả năng giữ nước, giữ khí cũng như cải thiện kết cấu của sản phẩm. Cũng có thể sản xuất các bánh mì có hàm lượng protein cao bằng cách đưa các concentrat protein của đậu tương vào. Các cơ chế còn chưa được sáng tỏ. Tuy nhiên, người ta đã thiết lập được rằng các chất nhũ hóa sẽ có vai trò chính trong sự giữ khí trong quá trình làm bánh mì. Các tính chất bề mặt liên pha của chúng cũng như khả năng khuếch tán trong gluten sẽ quyết định sự tác động của các lipid này trong các sản phẩm lương thực khi nướng.

8.3.6. Phương pháp luận về các tính chất nhũ hoá

Khả năng nhũ hoá: được biểu diễn bằng lượng dầu đã được nhũ hóa bởi một gam chất nhũ hóa tại điểm đảo pha. Khả năng nhũ hóa có thể dò tìm ra bằng mắt hoặc bằng cách đo sự giảm độ nhớt, hay đo độ dẫn điện (hình 8.4).

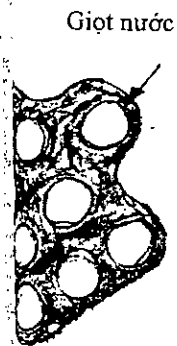


Hình 8.4. Sự tiến triển về độ dẫn điện của một nhũ tương khi đảo pha.

... này có liên quan
... trình nhào, các
... phụ vào bề mặt của
... của các hạt tinh
... các phức bao giữ
... bên trong các hạt
... đặc lại ở bên trong
... hơn.

... lactylat và ester
... tính (chẳng hạn
... giữ nước, giữ khí
... bánh mì có hàm
... vào. Các cơ chế
... chất nhũ hóa sẽ
... chất bề mặt liên
... định sự tác động

... nhũ hóa bởi một
... ra bằng mắt hoặc



... /dầu

... pha.

Hoạt tính nhũ hoá: được coi như là diện tích của bề mặt liên pha đã được làm bền bởi một nồng độ đã cho của chất nhũ hóa (m^2/g).

Hoạt tính nhũ hóa được đo bằng phương pháp đo độ đục vốn có khả năng liên kết diện tích bề mặt liên pha với kích thước của các giọt và chính kích thước của giọt cũng có liên quan với sự khuếch tán ánh sáng do các hạt ở trạng thái huyền phù gây ra.

Độ bền của nhũ tương: được coi là khả năng của nhũ tương bảo toàn được cấu trúc của mình theo thời gian, độ bền của nhũ tương có thể đo trực tiếp (bằng một máy đo hạt để theo dõi sự tiến triển của kích thước theo thời gian) hoặc gián tiếp (theo dõi sự tiến triển của lượng dầu hoặc lượng pha nước đã được tách ra sau khi khử bền (bằng ly tâm hay bằng đun nóng)).

8.4. Các tính chất tạo bọt

8.4.1. Định nghĩa, sự hình thành và cấu trúc của bọt

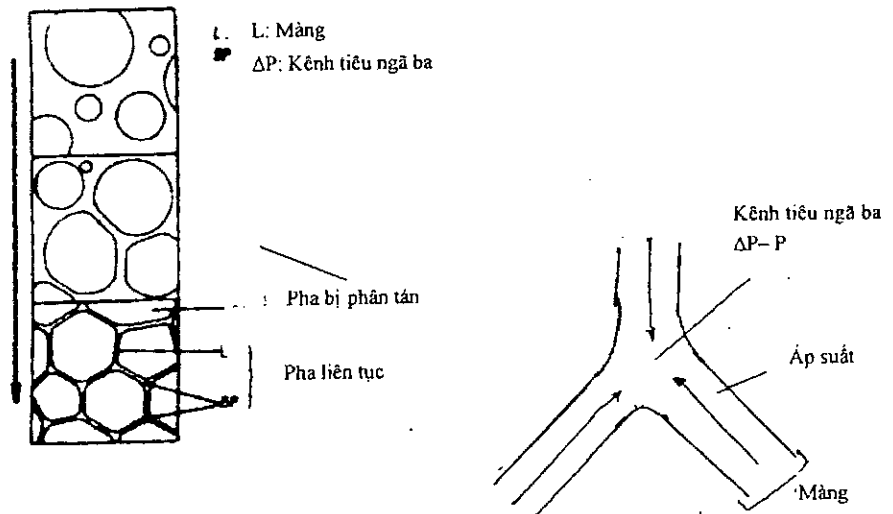
Các bọt thực phẩm là những thể phân tán của các bọt khí trong một pha liên tục là lỏng hoặc bán rắn có chứa một chất hoạt động bề mặt hoà tan. Trong nhiều trường hợp, khí là không khí (thường là khí cacbonic) và pha liên tục là một dung dịch hoặc một huyền phù nước chứa các protein.

Các loại bánh phồng, một số bánh ngọt, kem đánh dầy bọt, lòng trắng trứng đánh dầy bọt, kem đá, bọt bia và ruột bánh mì là những loại bọt thực phẩm với kết cấu rất khác nhau.

Các bóng bọt thường có những màng mỏng bao quanh được tạo ra từ những lớp mỏng chất lỏng của pha liên tục, có tác dụng ngăn cách các bóng bọt. Màng chỉ dày khoảng bằng chiều dài λ của ánh sáng nhìn thấy. Bề mặt liên pha khí/lỏng có thể đạt đến $1 m^2$ cho một mililit chất lỏng. Cũng như với nhũ tương, để tạo ra được bề mặt liên pha này cần thiết phải có một năng lượng cơ học. Để duy trì bề mặt liên pha chống lại được hiện tượng hợp bọt, cần thiết phải có mặt các tác nhân bề mặt vốn có tác dụng làm giảm sức căng bề mặt liên pha và tạo ra được một rào cản bảo vệ có tính đàn hồi giữa các bọt khí. Một số protein có khả năng tạo ra một màng mỏng bảo vệ tự hấp phụ được vào bề mặt liên pha khí/lỏng. Trong trường hợp này, màng mỏng giữa hai bóng bọt kề nhau thường được cấu tạo từ hai màng mỏng protein phân cách nhau bằng một lớp chất lỏng mỏng (hình 8.5).

Thể tích khí trong bọt nói chung lớn hơn rất nhiều so với thể tích của pha lỏng. Kích thước của các bọt lớn hơn nhiều so với kích thước của các hạt keo có đường kính từ 1 micromet (μm) đến nhiều centimet phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sức căng bề mặt, độ nhớt của pha lỏng, sự cung cấp năng lượng.

Tuy nhiên, khi các bóng bọt vừa hình thành thì cũng xảy ra nhiều hiện tượng khử bền bọt.



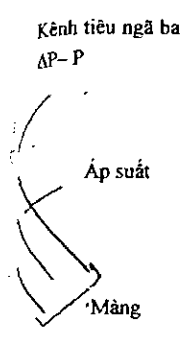
Hình 8.5. Sơ đồ biến diễn sự tiến triển của một bọt
(Theo Walstra 1989, Stainsby, 1986).

+ Các bóng bọt nhỏ bị tan đi trong khi các bóng bọt lớn lại tăng thêm kích thước. Hiện tượng này được gọi là hiện tượng “mất cân xứng” và là nguyên nhân chính của sự khur bền các bọt. Đó là do áp suất (áp suất Laplace) tồn tại trong một bóng bọt nhỏ thường cao hơn ở trong một bóng bọt lớn. Theo định luật Henry, độ hoà tan của các khí sẽ tăng lên cùng với áp suất. Kết quả là ở trong các bọt nhỏ, các khí hoà tan được một lượng lớn hơn. Việc vận chuyển các khí hoà tan này thường được tiến hành bởi pha lỏng liên tục và lúc đó làm tăng thể tích của các bóng bọt lớn gây thiệt hại các bóng bọt nhỏ nên các bóng bọt nhỏ bị biến mất.

+ Các bóng bọt di chuyển một cách nhanh chóng dẫn đến sự phân tách pha bóng bọt với pha lỏng liên tục.

+ Các bóng bọt ban đầu có hình cầu sau khi tiến sát lại gần nhau rồi bị biến dạng và khi đó các bóng bọt sẽ nhận được một cấu trúc chắc gọn hơn, trong đó chúng được ngăn cách nhau bằng một màng rất mỏng và mịn. Vì sự khác nhau về áp suất giữa hai phía bề mặt liên pha là rất nhỏ nên các bóng bọt trở thành đa diện khi giữa chúng được liên kết lại bằng một màng mỏng phẳng.

+ Chất lỏng nằm giữa hai màng mỏng do ảnh hưởng của trọng lực sẽ tự chảy dọc theo một kênh ở giữa đến các kênh tiêu ngã ba. Ở chỗ này do có sự giảm áp suất nên sẽ hút chất lỏng của các màng mỏng, do đó sẽ kìm hãm các lực làm ổn định màng, kết quả sẽ thu được một bọt khô rất ít đồng thể, không tạo ra được một mạng lưới liên tục nữa và khi chiều dày của màng mỏng từ 100 μm xuống dưới 10 μm thì màng mỏng sẽ bị phá hủy.



lại tăng thêm kích
 nguyên nhân chính
 trong một bóng bọt
 nry, độ hoà tan của
 nhỏ, các khí hoà tan
 được tiến hành
 lớn gây thiệt hại các
 phân tách pha bóng
 sau rồi bị biến dạng
 trong đó chúng được
 về áp suất giữa hai
 khí giữa chúng được
 trong lực sẽ tự chảy
 có sự giảm áp suất
 làm ổn định màng,
 một mạng lưới liên
 m thì màng mỏng

Có thể kim hãm hiện tượng chảy (drainage) này bằng cách làm tăng độ nhớt của chất lỏng ở màng thông qua việc thêm protein hoặc polysaccharide.

+ Màng mỏng bằng chất lỏng giữa các bóng bọt tự phá hủy cũng dẫn đến hiện tượng hợp bọt:

Các bóng bọt có xu hướng vỡ ra tức thì do sức căng bề mặt của nước quá lớn, trừ khi có mặt một tác nhân hoạt động bề mặt để làm giảm sức căng bề mặt ở bề mặt liên pha nước/khí.

Trong các bọt thực phẩm, cấu trúc thường được ổn định nhờ sự có mặt của các protein đóng vai trò những tác nhân hoạt động bề mặt. Lòng trắng trứng là một tác nhân tạo bọt được sử dụng nhiều nhất, hơn nữa bọt tạo được lại giữ được kết cấu của mình sau khi xử lý nhiệt. Gelatin, casein, lactoserum, gluten, protein của đậu tương và những dẫn xuất thủy phân của chúng cũng thường được sử dụng.

Để thu được một khả năng tạo bọt tốt, có nghĩa là một bọt nhẹ nhàng và phòng nổ thì protein phải hoà tan được trong pha lỏng và phải có khả năng di chuyển nhanh chóng, phải tự giãn mạch dễ dàng để có thể tự hấp thu vào bề mặt liên pha.

Độ bền của bọt phụ thuộc vào khả năng tạo được một màng mỏng bền, mềm dẻo và có tính cố kết của một protein. Có được những đặc tính này không ngoài mục đích là làm giảm thiểu được khả năng thấm khí và ức chế được sự hợp bọt. Nhiều nghiên cứu đã chứng tỏ rằng một protein như thế phải giữ được ít nhất một phần cấu trúc bậc hai và bậc ba (Graham và Phillips, 1979).

Có điều, các protein có một khả năng tạo bọt tốt không hẳn bảo đảm cho bọt có một độ bền tốt và ngược lại. Trong thực tế, người ta nhận thấy sự có mặt của các protein mềm dẻo như casein thường tạo ra được một thể tích bọt lớn gồm các bóng bọt lớn và có hình đa diện, song lại ít bền. Trong khi đó một protein hình cầu như lysozym lại tạo được một bọt bền, song các bóng bọt lại nhỏ.

8.4.2. Sự hình thành các bọt

Các tác nhân tạo bọt như xà phòng hoặc các chất hoạt động bề mặt là những chất tạo bọt có hiệu quả nhất để tạo ra được những bọt với một hàm lượng gần với nồng độ mixen tối hạn, ở bề mặt liên pha lỏng/khí chúng sẽ tạo ra được những lớp đơn và chắc. Tính hiệu quả của chúng có thể được gia tăng lên nhờ một hợp phần thứ hai. Các chất hoạt động bề mặt không ion, các polymer hoà tan trong nước thường là những tác nhân tạo bọt tốt. Với các protein, sự hấp phụ ở bề mặt liên pha sẽ làm biến tính chúng và làm cho chúng trở thành không hoà tan bất thuận nghịch dưới dạng những lớp cứng và đàn hồi ở bề mặt liên pha. Đó là các bọt thực phẩm từ lòng trắng trứng hoặc từ kem sữa.

Có thể tạo bọt bằng những cách sau:

+ Tạo bọt bằng cách chuyển các bọt của một khí qua một vật chắn có lỗ vào trong một dung dịch nước của protein có nồng độ từ 0,01 - 2%. Nếu đưa vào một

lượng khí rất lớn thì chất lỏng hoàn toàn có thể chuyển thành bọt. Có thể thu được một thể tích bọt rất lớn ngay cả khi đi từ một dung dịch protein loãng.

+ Tạo bọt bằng cách đánh quây hoặc khuấy mạnh một dung dịch nước của protein khi có mặt một lượng lớn khí. Sự đánh quây trong nhiều trường hợp là phương pháp thích hợp để tạo bọt cho các sản phẩm thực phẩm. So với phương pháp sục bọt thì phương pháp này sử dụng lực cơ học mạnh hơn (nhất là lực cắt) nên sự phân tán khí đồng đều hơn. Các lực cơ học này tác động đồng thời đến sự hợp giọt và sự tạo ra các bóng bọt cũng như ngăn cản sự hấp phụ protein ở bề mặt liên pha, do đó nhu cầu về protein sẽ lớn hơn (1 – 40% p/v).

+ Cũng có thể tạo bọt bằng cách hạ thấp bất thành linh áp suất của một dung dịch đã được nén thích hợp. Chẳng hạn như kem đánh răng bọt được hình thành khi khí được cấp từ một bơm sol khí. Với phương pháp này có thể thu được bọt với nồng độ chất hoạt động bề mặt thấp (tới 0,1% đối với protein).

8.4.3. Độ bền và sự khử bền các bọt

Độ bền của các bọt sẽ phụ thuộc vào:

+ Độ cứng của màng mỏng liên pha: Độ cứng của màng sẽ được cải thiện trong trường hợp một bọt protein, nếu sự biến tính đi kèm với sự tạo gel, hoặc nếu nồng độ protein ở bề mặt liên pha cao (các protein khi ở pH_i thường chặt hơn). Thêm các polysaccharide cho phép tạo ra được những phức chất làm bền.

+ Độ nhớt của pha lỏng: Độ nhớt của pha lỏng có thể được cải thiện bằng cách thêm các polysaccharide hoặc đối với các protein thì bằng cách gia tăng nồng độ và đưa pH ra xa pH_i (hiếm trường hợp).

+ Sự có mặt các tiểu phần (hạt) rắn có tác dụng làm bền màng mỏng liên pha.

+ Trong trường hợp các bọt protein thì nên có mặt các protein kiềm tính (chẳng hạn như lysozym trong lòng trắng trứng) và các protein đã glycosyl hóa (ovomucin, ovomucoid của lòng trắng trứng). Các chất sau cùng này tác dụng bằng cách làm tăng độ nhớt.

Đôi khi người ta lại tìm cách để khử bền các bọt (pha bọt) (trường hợp các môi trường lên men). Có thể dùng các phương pháp cơ học, chẳng hạn như cho một dòng khí nóng vào trong bọt. Cũng có thể dùng các tác nhân chống sinh bọt. Các chất chống sinh bọt có thể tác dụng theo những cách khác nhau.

+ Khử bền bằng cách khử hấp phụ tác nhân tạo bọt ra khỏi bề mặt liên pha lỏng/khí bằng một tác nhân không tạo bọt nhưng lại được hấp phụ một cách mạnh mẽ hơn (eter, n-butanol, axit capric...).

+ Khử bền bằng cách thêm những giọt nhỏ của chất lỏng không hoà tan được trong nước như dầu silicon hoặc thêm các hạt rắn kỵ nước (các hạt này tác dụng bằng cách tạo cầu giữa hai lớp mỏng của một màng).

+ Khả năng của bột xả phòng bằng nước cứng, canxi sẽ tạo với xả phòng các hạt không hoà tan có tác dụng phá hủy các màng mỏng ở bề mặt liên pha.

8.4.4. Phương pháp luận về các tính chất tạo bột

+ Khả năng sinh bột: là lượng bột được tạo ra trên một đơn vị thể tích của dung dịch (hoặc trên đơn vị khối lượng chất hoà tan). Khả năng sinh bột được xác định bằng cách đo thể tích cực đại của bột hoặc độ dẫn điện cực tiểu. Khả năng sinh bột không kể đến cấu trúc (kích thước và hình dạng của bóng bột, độ dày của màng).

+ Độ bền của bột: là khả năng của bột bảo toàn được cấu trúc của mình theo thời gian. Độ bền của bột thường được xác định bằng cách đo hoặc thể tích bột hoặc thể tích của chất lỏng tách ra (chảy) theo thời gian (nếu dùng một thiết bị thổi (sục) (cột được trang bị ở đáy một lớp thủy tinh đã dồn kết dính) thì có thể đo tốc độ tăng độ dẫn điện.

8.5. Hệ phức hợp: Nhũ tương tương phòng hay các bột béo được nhũ hoá

Các kem đánh răng bột, các kem đá, các bánh ngọt, các bánh ngọt kiểu Gionero, một số mứt kẹo là những đại diện của hệ phức này, chúng đồng thời vừa là nhũ tương vừa là bột. Sự phức hợp của các hệ này là ở chỗ trong chúng thường có mặt đồng thời nhiều pha (lỏng, rắn, khí), nhiều bề mặt liên pha (khí/lỏng, lỏng/lỏng, rắn/khí, rắn/lỏng) và nhiều trạng thái vật lý (kết tinh, vô định hình, dung dịch).

Mô hình được nghiên cứu nhiều nhất song vẫn còn biết ít là kem đá. Đó là một nhũ tương đã tương phòng sau đó được làm lạnh. Ở đây nước và các lipid ở dưới dạng lỏng và rắn và các bột khí được bao quanh bằng các cầu béo mà người ta thêm vào để làm chất nhũ hóa nhằm khử bền một phần. Qua ví dụ này, người ta biết được nhiều hơn tầm quan trọng của một số lớn hợp phần: các chất nhũ hóa (mono và diglycerid, lecithin), các chất làm tăng thể tích (tương phòng) (protein sữa), các chất làm bền (các keo háo nước như carrageenan, gồm guar, gồm caroube). Các chất này tác dụng đồng thời đến sự hình thành và sự ổn định của bề mặt liên pha cũng như đến độ nhớt của các pha liên tục. Các chất này góp phần vào việc tạo ra các kết cấu mà sự đánh giá cảm quan đơn thuần cũng có thể kiểm tra.

8.6. Các tương tác protein và sự cạnh tranh ở bề mặt liên pha

Trong các nhũ tương và các bột thường có liên quan đến nhiều hợp phần trong chức năng là những tác nhân hoạt động bề mặt, chúng có thể tác động một mình

hoặc tác động tổ hợp, để làm bền bề mặt liên pha (protein, chất hoạt động bề mặt, phospholipid).

Các tương tác xảy ra không chỉ trong hiện tượng cạnh tranh mà còn cả trong hiệu ứng hợp tác (Stainsby, 1986). Dạng thức cạnh tranh thường biểu hiện ở chỗ một protein này có thể dịch chuyển một protein khác ở bề mặt liên pha D/N. Thông qua việc đo lường sức căng bề mặt liên pha và lượng protein không bị hấp phụ sau khi ly tâm một nhũ tương, Dickinson và cộng sự (1991) đã cho thấy casein β có khả năng dịch chuyển một cách nhanh chóng casein α khỏi bề mặt liên pha rồi ưu tiên tự hấp phụ một cách thuận nghịch vào đây.

Bên cạnh đó, với các protein huyết thanh của Lactoserum thì ngược lại, tác động dịch chuyển của chúng thường chậm, bị hạn chế và có tính bất thuận nghịch, hơn nữa casein β chỉ dịch chuyển được một ít α lactalbumin mà không dịch chuyển được toàn bộ β lactoglobulin (Dickinson và cộng sự, 1989). Người ta cũng đã nghiên cứu sự hấp phụ cạnh tranh giữa phosvitin của lòng đỏ trứng và các protein của sữa và đã cho thấy các protein của sữa thường tự hấp phụ ưu tiên vào bề mặt liên pha và dịch chuyển được phần lớn phosvitin. Tuy nhiên, khi thêm các protein của sữa vào trong một nhũ tương đã được thực hiện với phosvitin thì lại thấy chúng chỉ làm dịch chuyển được một ít hoặc không làm dịch chuyển được phosvitin (Dickinson và cộng sự, 1991). Với các hỗn hợp khác thì các tương tác được thể hiện ra bằng một sự hợp tác.

Về dạng thức này, Pool và cộng sự (1984) đã chứng minh rằng khi thêm các protein kiềm tính như lysozym ($pHi = 10,7$) hoặc clupein ($pHi = 12$) vào các dung dịch protein axit tính có pHi giữa $4,7 < pHi < 6$ sẽ cải thiện được tính chất tạo bọt của chúng ở những giá trị pH nằm giữa các điểm đẳng điện (pHi) riêng của chúng. Sự tích điện của hai protein trong hỗn hợp là trái ngược nhau, do đó sẽ làm dễ dàng cho các lực hút tĩnh điện.

Lòng trắng trứng là một hệ dị thể các protein với các điểm đẳng điện khác nhau nên nhiều tác giả (Johnson, Zabik, 1981 a,b) đã nghiên cứu vai trò của từng protein nhằm hiểu rõ hơn các tương tác chính của chất tạo bọt tốt và phổ dụng này.

hoạt động bề mặt

nhưng mà còn cả trong
hiện ở chỗ một
D/N. Thông qua
hấp phụ sau khi ly
có khả năng dịch
tự hấp phụ một

ngược lại, tác động
nghịch, hơn nữa
chuyển được toàn
ngghiên cứu sự hấp
sữa và đã cho thấy
dịch chuyển được
một nhũ tương
được một ít
1991). Với các

trường khi thêm các
vào các dung dịch
tạo bọt của chúng
đúng. Sự tích điện
cho các lực hút

điện khác nhau
của từng protein
này.

Chương 9

CÁC PHƯƠNG PHÁP TẠO CẤU TRÚC

9.1. Cơ sở hóa sinh của sự tạo cấu trúc

Nói chung, để làm giàu protein trong thực phẩm nhằm cải thiện các tính chất dinh dưỡng và tính chất cảm quan, người ta thường đưa protein vào dưới dạng bột. Ngược lại, khi các protein được thêm vào nhằm thay thế một phần hoặc toàn bộ các protein ở các thực phẩm truyền thống thì protein phải được biến hình hoặc được cấu trúc để có được một kết cấu hấp dẫn và lôi cuốn.

Thông thường, tất cả các quá trình tạo cấu trúc đều bao gồm nhiều giai đoạn liên tiếp tương ứng với các trạng thái hình thể khác nhau (hình 9.1).

1- Biến tính: Nhằm phá hủy một phần cấu trúc không gian nguyên thể ban đầu, phá hủy các liên kết năng lượng yếu trong nội chuỗi (như liên kết hydro, liên kết kỵ nước, cầu disulfua).

Sự phá hủy các liên kết này có thể được gây ra do các xử lý nhiệt (làm lạnh hoặc đun nóng) và xử lý cơ học, do áp suất cao, do xử lý bằng chất oxy hóa khử (oxy hóa các cầu disulfua) hoặc xử lý bằng các tác nhân kỵ nước (các dung môi hữu cơ, các chất tẩy rửa, khí có áp suất).

Sự thay đổi hình thể cũng có thể được tiến hành bằng một sự thủy phân hạn chế, nhất là khi sự thủy phân này lại rất đặc hiệu (trường hợp thủy phân casein K bằng chimosin (renin) với sự thay đổi tính chất kỵ nước bề mặt của mixen casein) hoặc thích hợp với những polymer có phân tử rất lớn như trường hợp các protein của đậu tương hoặc các protein miofibril của cá.

Mặc dù giai đoạn này chưa làm thoái phân chuỗi bên, một số thuốc thử hóa học có khả năng bao vây các nhóm bên đã bị ion hóa (như nhóm ϵ -NH₂ của lysin) sẽ góp phần phá hủy cầu canxi vốn có quan hệ đến cấu trúc ban đầu của mixen casein.

Cuối cùng các thay đổi của pH hoặc của nồng độ muối cũng có khả năng phân ly các liên kết ion.

Nói chung, giai đoạn đầu này đòi hỏi một sự hoà tan tiên quyết cũng như hoàn toàn nếu có thể, chẳng hạn trong môi trường kiềm hoặc trong muối.

2. Tổ chức và định hướng các cao phân tử từng phần hoặc toàn bộ đã giãn mạch: tạo gel, tạo sợi và nếu có dịp thì tái tổ chức lại các liên hợp phân tử (chẳng hạn như peptid hóa các pho mát nóng chảy).

Isolat protein

Biến tính

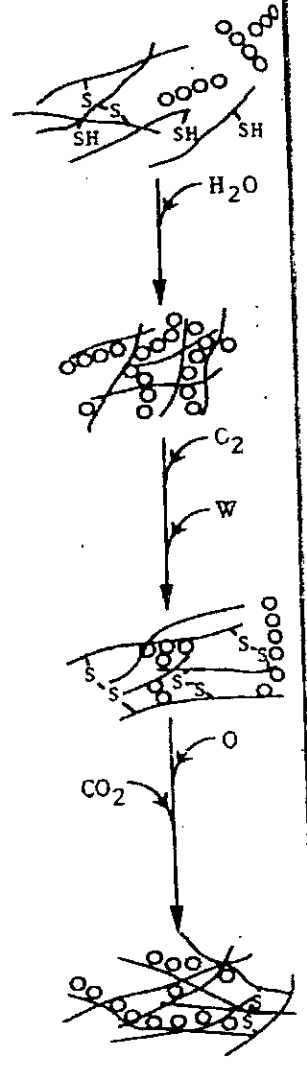
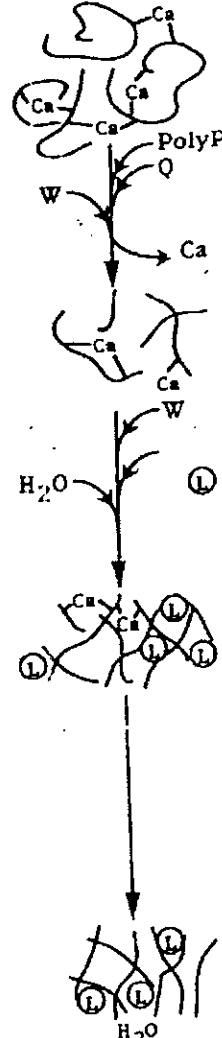
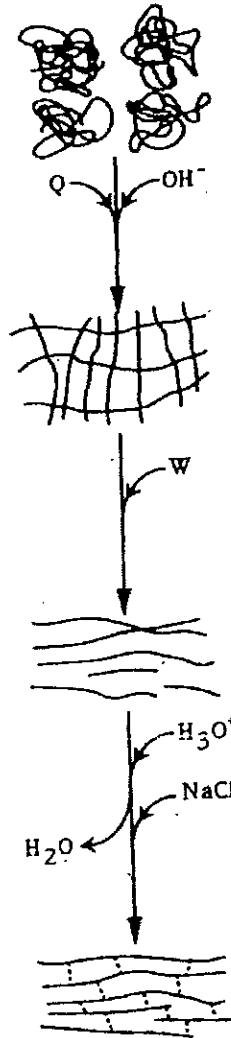
Colodion

Định hướng

Kết cấu đã định hướng

Làm bền

Kết cấu đã làm bền



Các phương pháp

Kéo sợi hoặc nấu - ép đùn

Chế tác pho mát nóng chảy

Chế tác bột nhào làm bánh mỳ

Q: Năng lượng nhiệt
w: Năng lượng cơ học

L: Lipid
Poly P: Polyphosphat

Hình 9.1. Sơ đồ biểu diễn các biến đổi về cấu trúc của các protein trong quá trình tạo kết cấu.

một môn: thôn

liên

ít nh các ;

9.2

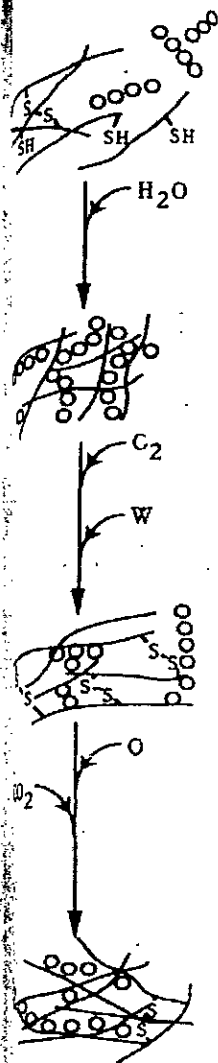
tron điều

con

hàr dặt axi bê

qu ở g rôi (o po

là



Chế tác bột nhào
làm bánh mì

phat

Nói chung, sự định hướng các phân tử có thể đạt được bằng cách ép đùn qua một khuôn có lỗ (trường hợp tạo sợi) hoặc bằng các cách khác nhau như cán tạo màng mỏng, kết tủa bề mặt thường rất hay được dùng trong các kỹ thuật tạo hình truyền thống (chẳng hạn tạo màng mỏng).

3. Kết gắn và làm cứng cấu trúc có tổ chức đã thu được nhờ sự phân bố lại các liên kết trong và giữa các phân tử đã bị phá hủy trong giai đoạn làm giãn mạch.

Các kiểu liên kết khác nhau sẽ khâu các chuỗi peptid lại và tạo ra một mạng lưới ít nhiều có trật tự: rất có trật tự trong trường hợp tạo sợi, ít có trật tự trong trường hợp các gel nhiệt dẻo.

9.2. Kỹ thuật tạo cấu trúc bằng cơ nhiệt và bằng nhiệt

9.2.1. Phương pháp tạo sợi

Nguyên tắc chế tác sợi protein (hình 9.2).

Giai đoạn biến tính thường đi kèm với sự tăng độ nhớt của dung dịch protein, trong trường hợp này thu được một colodion. Để thu được colodion đòi hỏi phải có ba điều kiện.

- Isolat đã tinh chế phải có hàm lượng protein cao (> 85%) (bột < 70% concentrat 70 - 85%, isolat > 85%).
- Nồng độ protein của colodion phải cao (10 - 30%).
- pH phải cao (8 đến 10).

Ép đùn colodion nhằm định hướng các phân tử theo chiều dòng chảy, được tiến hành qua một khuôn có đường kính các lỗ nằm giữa 50 và 250 μm . Khuôn này được đặt chìm trong một bể đông tụ có chứa axit và hoặc muối (axit lactic, axit axetic hoặc axit phosphoric) có pH giữa 2 và 4, có mặt 5% đến 20% NaCl. Khi các sợi tiếp xúc với bể chứa dung dịch này, có hai biến đổi sẽ xảy ra:

- + Nước của các sợi di chuyển vào bể ;
- + Các ion của bể di chuyển vào trong các sợi.

Các điện tích âm (COO^-) và do đó các lực đẩy tĩnh điện sẽ được trung hoà, kết quả làm cho protein trở thành không tan và các sợi bị co lại. Các sợi tiếp đó được kéo giãn ở giữa hai trục lăn và được chuyển vào bể rửa có pH trung tính hơi axit ($\text{pH} = 5,5 - 6,0$) rồi được liên kết thành chùm song song nhờ những chất kết gắn có bản chất protein (ovalbumin, gelatin, casein, gluten hoặc isolat đậu tương) hoặc chất liên kết có bản chất polysaccharide (tinh bột, alginat, carrageenan...).

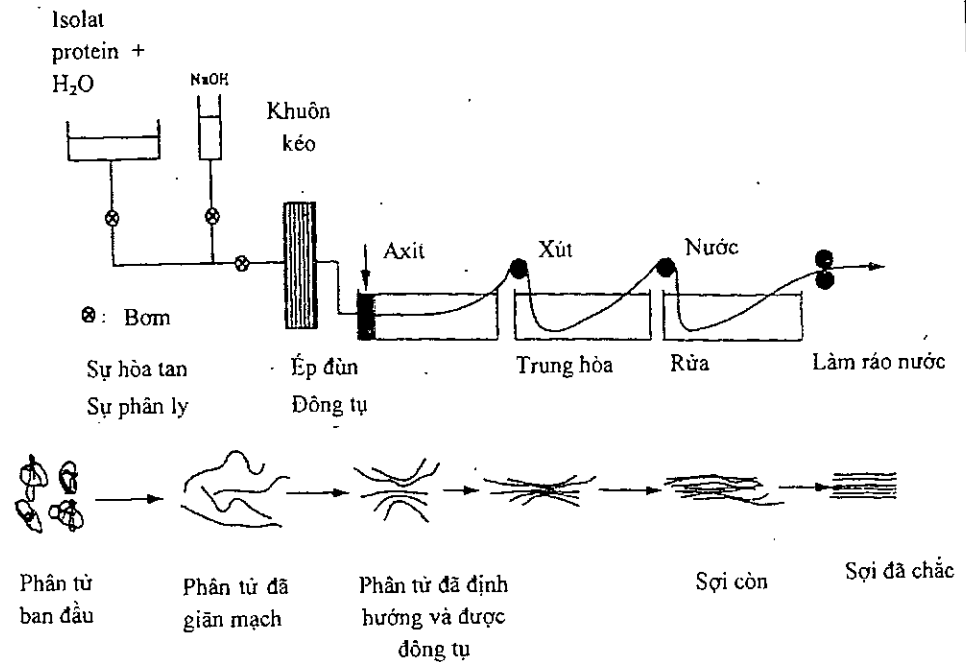
Thao tác này được thực hiện bằng cách nhúng rồi sau đó gia nhiệt và bằng cách làm di chuyển các sợi theo hướng ngược dòng.

Để có thể kéo sợi được, các protein phải hội tụ được nhiều đặc tính cấu trúc như:

- Phân tử tuyến tính hoặc có thể được giãn mạch đến một chiều dài tối thiểu 100 nm, không phân nhánh hoặc không có các nhóm chức công kênh.

- Các phân tử có chứa một số lớn nhóm định chức có cực để có thể thiết lập được các liên kết giữa các phân tử (Ser, Thr, Asp, Glu, Lys).

- Khối lượng phân tử ở giữa 10.000 và 50.000 Da. Nếu khối lượng phân tử quá cao, độ nhớt sẽ cao hơn và kéo sợi khó. Nếu khối lượng phân tử quá thấp thì các sợi sẽ không mấy liên tục (sẽ không liền khoảnh).



Hình 9.2. Sơ đồ biểu diễn của phương pháp kéo sợi.

Khả năng tạo sợi cũng có thể cải thiện nhờ xử lý hóa học bằng fomicol hoặc bằng anhydrit axetic. Các chất phụ gia cho kéo sợi có thể dùng gluten nhưng hạn chế (vài phần trăm) sẽ cải thiện được độ bền cơ học của sợi protein, còn thêm lipid sẽ làm cho các sợi protein mỏng nước và mềm, thêm tinh bột sẽ làm gia tăng sự hydrat hóa và tăng khả năng giữ nước của sợi. Sau cùng nếu nồng độ muối của colodion cao thì độ bền cơ học của sợi sẽ lớn nhưng đường kính và khả năng giữ nước của sợi lại thấp.

Kỹ thuật tạo sợi protein

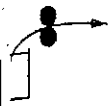
Nói chung, người ta có thể thêm vào colodion nhiều chất phụ gia như ovalbumin, gluten, bột đậu tương, dịch thủy phân protein, muối, glutamat, chất màu, chất thơm.

chiều dài tối thiểu

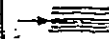
để có thể thiết lập

lượng phân tử quá

thấp thì các sợi sẽ



Làm ráo nước



Sợi đã chắc

mol hoặc bằng
ng hạn chế (vài
pid sẽ làm cho
trai hóa và tăng
o thì độ bền cơ
lập.

phụ gia như
t, chất màu,

Thông thường hỗn hợp để tạo sợi là hỗn hợp protein/polysaccharide như protein/pectin, thì phải ở pH trung tính và có CaCl_2 hoặc hỗn hợp protein/carrageenan, có thể thêm các tác nhân tạo đông khác nhau.

Trong kỹ thuật tạo sợi bằng thủy động, bề tạo đông được thao tác bằng một động tác nhanh hơn động tác (chuyển động) đi ra của các sợi từ khuôn, do đó các sợi tức thì được kéo giãn ra.

Sự đông tụ các sợi cũng có thể thu được bằng axit chlohydric thể khí hoặc bằng cách sấy ở nhiệt độ cao (90°C đến 140°C).

Kỹ thuật tạo sợi tinh bột

Polysaccharide như tinh bột cũng có khả năng tạo sợi. Chính nhờ khả năng này mà người ta sản xuất bún hoặc miến từ gạo hay tinh bột đậu xanh hoặc tinh bột dong riềng.

Phương pháp tạo sợi tinh bột như sau:

- Cho dịch tinh bột có nồng độ nhất định đã chuẩn bị qua một khuôn có đục lỗ với đường kính lỗ thích hợp (lớn hơn 1 mm). Khi đùn qua các lỗ này chúng sẽ tự định hướng theo phương của dòng chảy. Các phân tử tinh bột có xu hướng kéo căng ra và tự sắp xếp song song với nhau theo phương của trọng lực.

- Các sợi đã hình thành vừa ra khỏi khuôn còn ướt được nhúng ngay vào một bể đựng nước nóng để định hình nhờ tác dụng của nhiệt. Các phân tử đã được định hướng trong từng sợi sẽ tương tác với nhau và với nước bằng cầu hydro để hình thành sợi bún hoặc sợi miến.

- Các sợi đã hình thành được kéo ra khỏi bể rồi được nhúng tiếp vào bể nước lạnh để các phân tử liên hợp lại với nhau được chặt hơn và tạo được nhiều cầu hydro giữa các phân tử hơn. Sự kết tinh từng phần sẽ làm tăng độ bền cơ học và sự gắn bó các sợi với nhau.

- Các sợi tiếp đó được gia nhiệt để khử nước cũng như để làm tăng lực cố kết và độ cứng.

Thông thường, các sợi được tạo ra từ những tinh bột giàu amylose (như tinh bột đậu xanh, tinh bột dong riềng) thường dai hơn, bền hơn những sợi làm từ các tinh bột bình thường (tinh bột gạo, tinh bột ngô). Có thể cắt nghĩa điều đó như sau:

Sợi tinh bột (bún, miến) là sự chập lại của rất nhiều phân tử amylose và amylopectin. Độ dai hay độ bền đứt của toàn sợi là do lực tương tác giữa các phân tử cũng như lực tương tác nội phân tử quyết định. Lực liên kết giữa các phân tử là lực Van der Waals và liên kết hydro. So với năng lượng của các liên kết hóa trị ($60 - 120 \text{ cal/mol}$) thì năng lượng của các lực hút giữa các phân tử là rất bé ($1 - 6 \text{ cal/mol}$) nhưng số lượng các liên kết này lại rất nhiều nên giá trị tổng năng lượng này sẽ vượt xa năng lượng của các liên kết hóa trị trong mạch.

Khi tinh bột có phân tử tương đối dài thì sự đứt của sợi trước tiên có liên quan với sự trượt của các phân tử đối với nhau, nghĩa là liên quan đến lực tương tác giữa các

phân tử. Lực này sẽ tăng tỷ lệ với sự tăng độ dài của phân tử. Tuy nhiên, khi tăng độ dài của mạch đến một mức độ nào đó thì sẽ không có sự phụ thuộc giữa độ bền và độ dài của phân tử nữa, vì lúc này tổng năng lượng các liên kết giữa phân tử sẽ bằng hoặc lớn hơn năng lượng của các liên kết nội phân.

Khi đứt sợi, đầu tiên sẽ đứt liên kết giữa các phân tử do đó các phân tử sẽ định hướng và sau khi định hướng hoàn toàn thì sự đứt sẽ xảy ra ở chính giữa mạch phân tử.

Tinh bột đậu xanh và dong riềng thường chứa từ 35 – 50% amylose. Phân tử amylose dài nên lực tương tác giữa các phân tử lớn, do đó có độ bền đứt lớn. Các chuỗi amylose lại liên kết với nhau rất chặt nên khó bị trương ra hơn, do đó sợi chắc và dai hơn.

Các tinh bột giàu amylopectin, các mạch nhánh của amylopectin thường rất ngắn nên lực tương tác giữa phân tử rất yếu, do đó độ bền đứt kém. Ngoài ra khi đập nhiều phân tử lại để thành sợi sẽ có nhiều khuyết tật, do đó sợi tinh bột rã và dễ đứt.

Thực tế cho thấy có thể tạo được sợi amylose có độ bền đứt tương đương sợi xenulose: Hoà tan amylose trong dung dịch NaOH loãng, đun dung dịch đó qua một khuôn có đục lỗ vào trong bể đựng dung dịch amon sulfat hoặc dung dịch axit. Chú ý là khi ở nhiệt độ thấp sẽ tạo được sợi có chất lượng và độ bền đứt cao. Cần kiểm tra cẩn thận tốc độ đông tụ amylose cũng như sự kéo căng của sợi đã hồi phục. Để sợi được đồng đều và tăng độ bền đứt thì cần phải bài khí dung dịch.

Cũng có thể thu được sợi amylose bằng cách hoà tan amylose trong dung dịch nước chứa 10% formaldehyd ở nhiệt độ 120 °C và pH = 3 để có độ nhớt từ 20 – 300P. Sau đó đun dung dịch qua khuôn vào bể đông tụ có chứa hydrat amon hoặc hydrazin và muối vô cơ natriphosphat.

9.2.2. Nấu – ép đùn (*cuisson extrusion hay extrusion cooking*)

9.2.2.1. Nguyên tắc của phương pháp

Thuật ngữ nấu – ép đùn đặc trưng cho một quá trình nhanh (vài chục giây) bao gồm ép một sản phẩm phải chảy qua một khuôn ép có đầu ra hẹp dưới tác động của một áp lực lớn (50 đến 100 bar) nhờ một máy ép đùn (*extrudeur, extruder*) một vít tải hoặc hai vít tải kiểu Archimede. Các vít tải này không chỉ vận chuyển và nén vật liệu mà còn cắt và làm nóng vật liệu bằng cách chuyển đổi cơ năng thành nhiệt năng. Sự gia nhiệt này có thể được bổ sung bằng cung cấp nhiệt từ bên ngoài nhờ một hệ thống đốt nóng.

Nhiều lý do cắt nghĩa sự thành công gần đây của quá trình công nghệ này:

- Quá trình liên tục dễ dàng tích hợp được trong một dây chuyền sản xuất.
- Quá trình rất mềm cho phép chuyển hóa được các nguyên liệu rất khác nhau để thu được những sản phẩm rất đa dạng.
- Xử lý kiểu nhiệt độ cao – thời gian ngắn.

hiên, khi tăng độ
giữa độ bền và độ
án từ sẽ bằng hoặc

các phân tử sẽ định
giữa mạch phân tử.
amylose. Phân tử
bền đứt lớn. Các
m, do đó sợi chắc

pectin thường rất
Ngoài ra khi chấp
bớt rão và dễ đứt.

ít tương đương sợi
ng dịch đó qua một
ng dịch axit. Chú ý
cao. Cần kiểm tra
hồi phục. Để sợi

se trong dung dịch
nhớt từ 20 – 300P.
hoặc hydrazin và

ton cooking)

(vải chực giây) bao
dưới tác động của
strudor) một vít tải
nén và nén vật liệu
sinh nhiệt năng. Sự
nhờ một hệ thống

ng nghệ này:

ten sản xuất.

liệu rất khác nhau

– Khả năng tạo ra được sản phẩm mới.

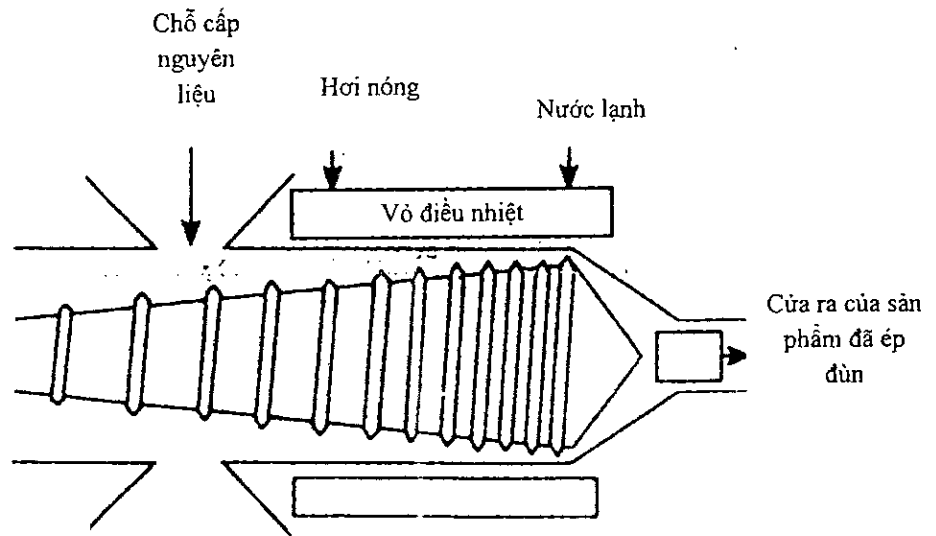
– Giảm thiểu được những cấu trúc (gò bó) có liên quan đến sự có mặt của nước (đốt nóng, làm khô, nước chảy ra hơi bốc lên).

Vật liệu để ép đùn phải khá nhớt, được đưa vào và được nhào trộn nhờ một vít vô tận, việc nén ép được thực hiện nhờ xiết chặt các bước của vít tải làm giảm khoảng không gian giữa vít và thành của xi lanh và với sự đối áp do khuôn ép có đầu ra hẹp. Sản phẩm bị nén ép sẽ chịu một lực cắt và sự nóng lên do bị cán giữa vít và thành có đường rạch của xi lanh.

Có hai kiểu máy ép đùn:

– Máy ép đùn một vít tải.

– Máy ép đùn hai vít tải.



Hình 9.3. Sơ đồ một vít tải của thiết bị nấu - ép đùn.

Trong kiểu thiết bị mới hơn này, hai vít tải giống nhau thâm nhập vào nhau và quay theo cùng một chiều ở trong lòng một bao cố định. Vật liệu bị nén dọc theo thành của bao và giữa các vít tải sẽ bị đẩy lên theo một quỹ đạo hình số 8.

Nhờ lắp ráp bao, người ta có thể thay đổi biến dạng (profil) của vít tải.

Có nhiều phương án khác đã được đề xuất: như khuôn ép có kích thước lỗ khác nhau, sự kiểm soát nhiệt độ theo từng vùng, sự tích hợp vào vị trí mong muốn những chức năng khác nhau (bãi khí, đưa vào một chất lỏng hoặc một chất rắn).

Hệ thống hai vít tải có những ưu điểm sau: thích hợp được với nhiều sản phẩm, mặt vít tải tự làm sạch, sự vận hành và chất lượng của sản phẩm cuối đều đặn hơn.

Trong môi trường ít nước (peu hydraté), việc thêm khâu xử lý nhiệt sẽ tạo thành được các cấu trúc tổ ong do trương nở sau khi ra khỏi khuôn ép.

Kỹ thuật đun - nhiệt dẻo thường được sử dụng nhiều nhất để tạo cấu trúc cho các protein thực vật. Với kỹ thuật này sẽ tạo được các hạt hoặc các miếng hơn là các sợi khô, có thớ và xốp sau khi tái hydrat hóa sẽ cho một kết cấu nhuyễn, dễ nhai.

9.2.2.2. Kỹ thuật nấu - ép đun protein

Hỗn hợp protein/polysaccharide được hydrat hóa đến 10 - 30% ẩm được đưa vào và được đẩy lên trước trong một xilanh nhô vào một vít tải vô tận và cùng lúc hỗn hợp phải chịu một áp suất lớn (10.000 - 20.000 kP), một nhiệt độ cao và một lực cắt rất lớn. Trong thời gian từ 20 đến 150 giây hỗn hợp được đưa lên nhiệt độ 150 - 200 °C và được đi qua từ trạng thái bụi đến thể đặc nhão. Sau khi ép đun nhanh qua một khuôn ép có đầu ra hẹp thì trở lại áp suất khí quyển, lúc này nước bên trong bốc hơi tức thời, tạo ra các bóng (bọt) hơi rồi các bọt này tự giãn nở ra. Sau khi làm lạnh và rắn lại, khung protein - polysaccharide có một cấu trúc khô và rất xốp. Quan sát dưới kính hiển vi chứng tỏ cấu trúc bọt với các sợi được định hướng theo phương của dòng chảy. Tái hydrat hóa trong nước 60 °C, sản phẩm xốp sẽ hấp thụ một lượng nước gấp 2 đến 4 lần trọng lượng để cho một cấu trúc có thớ, xốp, đàn hồi và có độ nhuyễn khá giống với thịt lợn.

Trong khi ép đun do tác dụng của nhiệt độ cao và lực cắt mạnh, protein sẽ bị giãn mạch. Các phân tử hoặc các tập hợp phân tử sẽ tự định hướng theo phương của dòng chảy khi đi qua khuôn ép. Do xảy ra quá trình tập hợp và đông tụ nhiệt nên các protein nguyên là hoà tan trong nước sẽ trở thành không hoà tan. Chắc chắn có sự tham gia của liên kết hydro, tương tác kỵ nước và cầu disulfua. Các cầu đồng hóa trị khác (Lysinoalanyl, Lanthionyl, ϵ -N (γ glutamyl)-lysyl không hình thành một cách đáng kể khi ép đun vì người ta nhận thấy cystein và arginin bị tổn thất rất ít.

Các protein cũng có thể tạo kết cấu bằng đông tụ nhiệt trong thiết bị nấu - ép đun khi thao tác ở lượng nước cao hơn (60 - 80%). Kết quả là tạo ra các màng mỏng hoặc các gel ngâm nước không trương phồng. Có thể thêm các tác nhân tạo liên kết chéo như glutaraldehyd để làm tăng độ cứng của sản phẩm thu được. Kỹ thuật này cũng có thể dùng để tạo kết cấu cho máu, thịt hoặc cá đã tách xương bằng cơ học cũng như các thực phẩm khác của động vật.

** Phương pháp gia công trong môi trường ít nước hay hydrat hóa ít (peu hydraté)*

Phương pháp này phỏng theo cách tạo hình bằng nhiệt các chất dẻo. Phương pháp nấu - ép đun lần đầu tiên được sử dụng trong công nghiệp thực phẩm và đã tạo ra được các sản phẩm có cấu trúc trương phồng đi từ tinh bột hoặc từ bột mì.

kt
từ
cu
tr
cũ
lư
nh
lư
ch
rất
kh
bề

Kỹ thuật nấu – ép đùn nhiệt dẻo có thể áp dụng cho những sản phẩm ngũ cốc.

** Phương pháp gia công trong môi trường nhiều nước*

Khi hàm lượng nước cao (45 – 70%), phương pháp đông tụ nhiệt sẽ làm tạo ra được các màng mỏng hoặc các gel ngậm nước không trương phồng. Gần đây người ta đã áp dụng các phương pháp này để làm tăng giá trị protein của lactoserum, của máu, của thịt và cá đã được tách ra bằng cơ học.

Để thu được các kết cấu đồng thể từ protein của sữa bằng cách nhũ hóa và bằng tạo gel một cách liên tục, người ta lắp vào đầu ra của extrudeur một khuôn ép dài đã làm lạnh. Cũng có thể chế tác được các sản phẩm tương tự pho mát đi từ caseinat canxi và dầu bơ. Nhiều chất phụ gia (các muối tạo phức được với canxi như xitrat và phosphat natri, các chất kết dính) được thêm vào đôi khi cũng cần thiết để thu được một kết cấu đồng thể và bền.

Chính dựa trên nguyên tắc nấu – ép đùn trong môi trường nhiều nước để chế tác ra các sản phẩm tương tự thịt (tái cấu trúc lại thịt gia cầm được tách ra bằng cơ học dựa trên hai lần đông tụ nhiệt ở các nhiệt độ khác nhau), sản phẩm tương tự thịt cua (đông tụ nhiệt từ thịt cá rồi được cán, cắt thành dải cuộn lại và tái liên kết lại). Ở đây còn có mục đích là làm tăng giá trị của các loại cá ít được tiêu thụ trực tiếp như cá chinchard, cá trích (sardine), cá taucard.

Kỹ thuật nấu – ép đùn các hỗn hợp protein khác nhau đang rất phát triển nhằm thu được các kết cấu đa dạng như từ hỗn hợp casein và protein của lactoserum, lòng trắng trứng và các protein thực vật.

Nếu kết hợp với các polysaccharide có khả năng tạo gel (như alginat, tinh bột) cũng rất được sử dụng vì các glycan này vừa có tính chất tạo cấu trúc, vừa có khả năng làm cho việc vận chuyển các protein trong máy ép đùn (extrudor) được dễ dàng, nhất là khi ở nhiệt độ cao, nhưng đôi khi cũng gây ra nguy cơ (hoặc gây thuận lợi) cho phản ứng Maillard.

Cuối cùng phương pháp nấu – ép đùn cũng có thể dùng để hoà tan protein thành proteinat bằng cách trung hoà. Đó là trường hợp của sản xuất các caseinat đi từ casein axit (pH = 4,6) không hoà tan.

9.2.2.3. Kỹ thuật nấu – ép đùn các sản phẩm ngũ cốc

Hiểu biết chung về nấu – ép đùn các sản phẩm ngũ cốc.

** Các biến hình phân tử*

Khi nấu – ép đùn sản phẩm chứa tinh bột trên máy ép đùn đơn vít tải hoặc hai vít tải sẽ gây phá hủy ngẫu nhiên các chuỗi amylose và amylopectin (Colonna và cộng sự, 1985), các cao phân tử thu được thường bé hơn khoảng mười lần song cấu trúc hóa học vẫn được bảo toàn, không có sự phá hủy ưu tiên một trong hai cấu tử này cũng như một trong hai kiểu liên kết α , 1–4 hoặc α , 1–6. Cường độ của sự chuyển hóa này có liên quan với các điều kiện ép đùn: nhiệt độ, hàm lượng nước, sự có mặt của lipid. Có thể

phẩm ngũ cốc.

Nhiệt sẽ làm tạo ra
Cán đây người ta
serum, của máu,

nhũ hóa và bằng
khuôn ép dài đã
từ caseinat canxi
như xitrat và
thiết để thu được

nước để chế tác
bằng cơ học dựa
trừ thịt cua (đồng
bộ). Ở đây còn có
chứ cá chinchard,

phát triển nhằm
lactoserum, lòng

alginat, tinh bột)
vừa có khả năng
để dàng, nhất là
lợi) cho phân

tan protein thành
minat đi từ casein

vit tãi hoặc hai
lonna và cộng
ng cấu trúc hóa
từ này cũng như
hóa này có liên
tủa lipid. Có thể

để dàng theo dõi động thái của quá trình bằng sắc ký tách loại, hoặc bằng cách xác định độ nhớt nội tại. Một số tác giả (Mercieer, 1977) đã cho thấy rõ có sự xuất hiện một phân các oligosid sau khi nấu ép đùn tinh bột khoai tây hoặc tinh bột ngô. Các mức độ thoái phân cực điểm thường tương ứng với các trạng thái vận hành không ổn định của extruder và rất khó lặp lại.

Hiện tượng phá hủy các chuỗi này thường không xuất hiện trong các phương pháp chuyển hóa tinh bột khác (chẳng hạn như các phương pháp làm khô trong xi lanh đốt nóng) khiến cho các tinh bột đã được nấu – ép đùn thu được những tính chất chức năng và tính chất dinh dưỡng đặc biệt. Nó còn giải thích được các tính chất hoà tan và tính chất nhớt sau khi nấu của các tinh bột đã ép đùn. Tuy nhiên, sự giải thích theo cơ chế phân tử của sự chuyển hóa còn chưa được biết rõ. Có thể nó có liên quan đến hiệu ứng cắt, có nghĩa là do các phần khác nhau của cùng một phân tử tự dịch chuyển với những tốc độ khác nhau, điều đó sẽ dẫn đến các lực ứng biến (tension) có khả năng phá hủy các liên kết. Một số phương pháp phân tích sự phân bố thời gian lưu được dùng như những sự đánh dấu cho các phân tử có kích thước khá nhỏ (vitamin, chất màu...) hoặc các vi sinh vật nhạy cảm với nhiệt (Bouveresse và cộng sự, 1982) đều có thể sử dụng để phân tích tách cặp giữa hiệu ứng của nhiệt độ với hiệu ứng của lực cắt trong chùng mực mà ở đó các sự phân bố thời gian lưu vẫn còn tương đương (equivalente).

** Các biến đổi trong sự liên kết các chuỗi*

Khi nấu – ép đùn, cấu trúc của hạt tinh bột bị phá vỡ tổ chức (bị làm tan rã) trừ phi nếu việc xử lý xảy ra trong điều kiện êm dịu gần với điều kiện ép đùn các bột nhào thực phẩm. Các phương pháp khác nhau: kính hiển vi điện tử quét, nhiễu xạ tia X và phân tích nhiệt vi sai thường được sử dụng để khảo sát các biến đổi về hình thái của tinh bột: từ một trạng thái tự nhiên dạng hạt đến một pha liên tục đồng thể, ở đây tất cả các hợp chất hóa học (tinh bột, protein, các hợp phần của thành tế bào) đều bị hòa lẫn mật thiết với nhau. Trong các trường hợp tinh bột khoai tây, tinh bột sắn hoặc tinh bột ngô nếp, mặc dù nhiệt độ xử lý hoặc trạng thái hydrat hóa khi đi ra khỏi extruder, sự nấu – ép đùn thường dẫn đến làm mất kết tinh toàn bộ mà không hình thành nên các tổ chức tinh thể mới. Với những tinh bột ngũ cốc khác với tinh bột ngô nếp thì khi có mặt axit béo hoặc lipid mono-acyl (có mặt tự nhiên hoặc thêm vào) sẽ tạo thành một cấu trúc kiểu V tương ứng với phức của amylose với axit béo... Ở nhiệt độ cao hơn và hàm lượng nước ít hơn, có nghĩa là trong những điều kiện xử lý mạnh hơn, thì sẽ xuất hiện một cấu trúc mới kiểu E có khả năng tự chuyển đổi thành cấu trúc V bên, tùy theo điều kiện xử lý. Sự tương tự giữa các cấu trúc kiểu E và kiểu V dẫn đến sự thừa nhận rằng, cấu trúc E là ảnh của cấu trúc V, là xoắn ốc với 6 góc glucose một vòng, chỉ có khoảng cách liên tục giữa hai xoắn ốc là khác nhau.

Sự phân tích nhiệt vi sai chứng tỏ rằng tinh bột đã nấu – ép đùn không có một pic hồ hóa nào, chỉ có một pic nóng chảy của phức hệ amylose-lipid là còn giữ nguyên. Đối với những điều kiện ép đùn êm dịu, việc đo sự suy giảm của phức hồ hóa có thể cho phép lượng hóa được mức độ hư hại của tinh bột.

** Tính chất chức năng*

- Tính đặc trưng của các tính chất chức năng:

Sau khi nấu - ép đùn, tinh bột trở thành một yếu tố cần thiết cho kết cấu của các thực phẩm hoặc ở dạng pha rắn ngâm ít nước (thể ép đùn chính công) hoặc ở dạng trương tác mạnh với nước (độ hoà tan, độ trương nở).

Pha rắn của một thể ép đùn (extrudat) được mô tả bằng tính trương nở cũng như bởi kết cấu của nó thường được đánh giá qua độ bền gãy hay độ bền vỡ (resistance à la cassure) (Mercier và Feillet, 1975; Launay và Lisch, 1983; Miller, 1985). Kết cấu này có được là do sự bốc hơi trực tiếp của nước chứa trong vật liệu nóng chảy khi đi ra khỏi khuôn ép. Các thông số quan trọng của sự trương nở là hàm lượng nước, nhiệt độ của vật liệu ở phía trên khuôn ép (lực phát động của sự trương nở) (Mercier và Feillet, 1975; Donovan và Pape, 1977), hàm lượng tinh bột và hàm lượng amylose, các tính chất lưu biến của vật liệu nóng chảy và điều kiện chảy trong khuôn ép. Sau khi đông rắn bằng làm lạnh, các tính chất cơ học của thể ép đùn phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu rắn và vào sự có mặt của các bóng bọt không khí (Launay và Lisch, 1983).

Trong pha rất ướt, tinh bột đã ép đùn sẽ tự hoà tan dẫn đến tạo ra được một dịch hồ ở nhiệt độ lạnh. Khả năng của các tinh bột đã ép đùn là tạo ra được những huyền phù và những dung dịch thường được đánh giá qua chỉ số hoà tan trong nước (W.S.I) và chỉ số hấp phụ nước (W.A.I) của chúng (Kim và Rottier, 1980; Colonna và cộng sự, 1985). Tỷ lệ amylose - amylopectin có một tác động rất có ý nghĩa đến các tính chất chức năng của sản phẩm cuối. Ở nhiệt độ ép đùn từ 135 đến 225 °C thì chỉ số độ hoà tan trong nước sẽ giảm từ 80% xuống 10% khi hàm lượng amylose tăng, trong khi đó chỉ số hấp phụ nước (W.A.I) sẽ qua một cực đại khi có 20 - 24% amylose (Mercier và Feillet, 1975). Chỉ số hấp phụ nước của nhiều tinh bột (Anderson và cộng sự, 1970; Kim và Rottier, 1980) sẽ tăng lên cùng với nhiệt độ cho đến một cực đại vào khoảng 150 °C - 180 °C. Ngược lại, chỉ số độ hoà tan tăng liên tục cùng với nhiệt độ. Sản phẩm đưa vào ép đùn chứa nước càng ít thì chỉ số độ hoà tan của thể ép đùn càng lớn. Hơn nữa, sự có mặt của phức amylose - lipid sẽ làm thay đổi một cách đáng kể các tính chất, chức năng; đặc biệt các phức này sẽ làm giảm khả năng dính kết và làm chậm sự thoái hóa của tinh bột.

Ngoài ra sự nấu - ép đùn sẽ mang lại cho các hồ tinh bột những tính chất sau:

- + Một độ đặc ban đầu thấp (Doublier và cộng sự, 1986).
- + Một độ ổn định (độ bền) của các hồ tốt hơn, các hiện tượng thoái hóa bị giảm đi một cách mạnh mẽ.
- + Một sự giảm thiểu đặc tính dính (Kim và Rottier, 1980).

Tập hợp các đặc trưng này (độ hoà tan lớn, thiếu tính kết tinh) thường làm cho các vật liệu chứa tinh bột đã ép đùn dễ bị tấn công bởi enzym α -amylase trong phòng thí nghiệm cũng như bởi α -amylase của cơ thể (Paton và Spratt, 1981; Asp và Bjock, 1984).

– Sự dự báo các tính chất chức năng:

Sự chế biến một sản phẩm được định nghĩa là kể từ khi thu nhận được những tính chất nhất định nào đó. Do đó, nhiều nghiên cứu được coi là những nghiên cứu thông số liên kết được các tính chất chức năng vốn là biểu thức của một số lớn các đặc trưng phân tử (chẳng hạn như độ hoà tan phụ thuộc vào kích thước và độ rôi của các phân tử và tính dễ bị ảnh hưởng bởi nước (accessibilité à l'eau)) cho đến các thông số điều khiển của máy đều dễ dàng bị ảnh hưởng, song không biểu thị những biến vật lý thực sự (thích hợp) (sự biến đổi tốc độ quay của vít tải dẫn đến không những một sự thay đổi của thời gian lưu mà còn một sự thay đổi của lực cắt, của nhiệt độ do tự đốt nóng và của độ nhớt), điều này sẽ làm thay đổi việc đạt đến cân bằng của máy ép đùn. Tính chất đặc trưng được đo đạc là một đáp số tổng hợp cho một biến đổi đã cho, song cơ chế thì còn chưa biết rõ đến nỗi các đường cong nghiên cứu các thông số không dễ dàng khái quát hóa cho những sản phẩm khác hoặc cho những điều kiện thực nghiệm khác cũng như không thể sử dụng được cho một sự thay đổi về kích thước của máy ép đùn (extrudor).

Sự tối ưu hóa các nghiên cứu thông số qua trung gian các mô hình hộp đen của máy nấu ép đùn và sử dụng các phương pháp kiểu bề mặt đáp ứng (response surface modelling). Kỹ thuật này dựa trên những phương trình hồi quy bội tăng dần các chuẩn số (eritère) như các thông số điều khiển của máy, các biến bên trong, cấu trúc phân tử, các đặc tính chức năng và biểu diễn bằng đồ thị ba chiều. Phương pháp này đặc biệt được áp dụng trong máy ép đùn một trục cho sự chuyển hóa các glucit bởi Lorenz và cộng sự (1974); El-Dash và cộng sự (1983) và trong máy ép đùn hai trục bởi Owusu-Ansah và cộng sự (1982); Antila và cộng sự (1984); Kervinen và cộng sự (1985).

Đa phần các công trình này làm cho việc nghiên cứu các thông số định lượng gần hơn với các mô hình hóa thực bởi chúng tương quan trực tiếp với các thông số điều khiển của máy và một đặc trưng đã nghiên cứu mà không kể đến các biến bên trong của quá trình. Chỉ có Meuser và Van Lengerich (1984) đã xác định một tiếp cận có tính đến sự khác biệt giữa các thông số điều khiển của máy (tốc độ vít tải, độ ẩm của sản phẩm, lưu lượng của vật liệu, nhiệt độ của vỏ, đường kính của khuôn ép) và các biến bên trong (nhiệt độ của sản phẩm ở khuôn ép và năng lượng cơ học chuyên biệt) của chất lượng sản phẩm thu được (chẳng hạn đối với một bánh mì dẹt thì là độ trương nở, tỷ trọng và hình học).

Kiểu phương pháp này với thời hạn ngắn rất có hiệu quả khi sản xuất một sản phẩm đã cho trên một máy đã cho và thường biểu lộ một sự vãn dụng (thực hiện) rất nặng nề (cần phải tiến hành một số lớn phép thử) cũng như sẽ áp đặt phải lập lại một bộ các thí nghiệm nếu một thông số nào đó từ đầu đã không dự kiến được thì bắt buộc phải thêm vào.

9.2.3. Các phương pháp tạo cấu trúc bằng nhiệt khác

9.2.3.1. Đông tụ nhiệt các protein của đậu tương

Đông tụ nhiệt chính là một gia công cơ bản của sản xuất tofu (tào phớ) thường có nhiều giai đoạn:

– Tạo ra sữa đậu nành: ngâm đậu trong nước 10 giờ sau đó nghiền (xay) ướt, nấu và lọc (sữa đậu chứa 5 – 6% chất khô).

– Thêm một huyền phù sulfat canxi vào, một gel ngâm nước được tạo ra sẽ bao lấy lipid ở trong lòng.

– Rửa khối sữa đông, sau đó cho ráo nước để loại bỏ các glucit không tiêu hóa được. Sản phẩm thu được thường chứa 88% nước, 6% protein và 3% lipid.

Một phương án khác của phương pháp này: chế tác phù trúc (yuba) ở Trung Quốc, thường bao gồm các giai đoạn sau:

– Gia nhiệt sữa đậu nành (tương), một màng protein sẽ tự hình thành trên bề mặt.

– Thu lấy màng sau đó làm khô ngoài không khí. Sản phẩm này có chứa 10% nước, 52% protein và 24% lipid. Các màng này có thể được tái hydrat hóa để làm màng bao gói hoặc phối chế làm cho nhân bánh bao váng đậu (một món ăn trong tiểu thuyết Hồng Lâu Mộng).

9.2.3.2. Tạo màng gelatin bằng đông tụ nhiệt

Cho gelatin có nồng độ vừa phải (khoảng dưới 10%) vào nước lạnh, đun nóng đến 50 – 60 °C, gelatin sẽ hấp thụ một lượng nước bằng 5 – 10 lần thể tích của nó rồi trương lên và tạo ra dung dịch ở dạng sol, khi làm nguội xuống dưới 40 °C (dưới khoảng nhiệt độ nóng chảy), dung dịch dạng sol sẽ chuyển thành gel, tron, đàn hồi và tránh được sự co gel thoát dịch. Sự chuyển trạng thái này có tính thuận nghịch, các liên kết nối các cao phân tử trong gel này chủ yếu là tương tác tĩnh điện và các liên kết hydro. Vì lẽ các liên kết này ở cách quãng nhau nên tạo cho gel này có những chất cơ học đáng chú ý.

Tính chất tạo màng của gelatin được sử dụng để tạo vỏ bao các nhân trong chế tác kẹo hạnh nhân và nhiều bánh kẹo khác như kẹo nuga, kẹo gôm, cũng như những mút kẹo không đường có cơ sở từ các polyol. Gelatin cũng là một sản phẩm cơ sở của các phim ảnh (nhất là các dẫn xuất phtalylgelatin hay phenylcarbonyl gelatin), để bao thuốc trong dược học và trong mỹ phẩm.

9.2.3.3. Tạo màng tinh bột bằng nhiệt

Khả năng tạo màng của tinh bột thường được sử dụng trong sản xuất giấy bao kẹo.

thác

đá (tào phớ) thường

được nghiền (xay) ướt,

được tạo ra sẽ bao

không tiêu hóa
lipid.

ở Trung

hình thành trên

này có chứa 10%

hydrat hóa để làm

món ăn trong tiêu

lạnh, đun nóng

thể tích của nó rồi

dưới 40 °C (dưới

trơn, đàn hồi và

ngịch, các liên

lên và các liên kết

có những chất cơ

nhân trong chế

cũng như những

phẩm cơ sở của

gelatin), để bao

sản xuất giấy

Có thể thu được màng tinh bột từ dung dịch phân tán trong nước. Màng thu được từ thể phân tán trong nước thường dễ dàng trương ra trong nước.

Cho tinh bột phân tán trong nước đến một nồng độ nhất định không đặc quá và loãng quá. Hồ hóa sơ bộ để tạo ra một độ nhớt nhất định. Khuấy thật kỹ (đến mức khi rót dịch tinh bột có thể chảy thành dòng liên tục), rồi rót dịch tinh bột thành lớp mỏng lên bề mặt kim loại phẳng và nhẵn đã được gia nhiệt thích hợp. Để màng khỏi bị dính sau khi khô, có thể phết một lớp mỏng paraffin để trợ hóa bề mặt kim loại. Quá trình hình thành màng có thể xảy ra qua ba giai đoạn sau:

- Giai đoạn 1: Nước từ bề mặt bốc hơi làm nồng độ tinh bột tăng lên, các hạt tinh bột dịch gần nhau, hướng từ biên vào tâm dưới tác dụng của dòng môi trường phân tán, sắp xếp lại thành lớp đơn hạt đặc.

- Giai đoạn 2: Nước nằm giữa các hạt tiếp tục bốc hơi, các hạt tiếp xúc với nhau nhiều hơn và bị biến dạng. Sức căng bề mặt lúc này có vai trò rất lớn, có khuynh hướng làm co bề mặt của hệ thống. Mức độ biến dạng của các hạt phụ thuộc vào mô đun và độ nhớt của chúng. Có thể cho các chất hóa dẻo vào để làm cho màng có độ đồng thể hơn.

- Giai đoạn 3: Khi các hạt tiếp xúc với nhau, chúng bắt đầu thể hiện lực cố kết. Các tính chất cơ lý của màng sẽ phụ thuộc vào các hiện tượng xảy ra trong giai đoạn này.

Khi khô, thể tích của màng bị giảm, dẫn đến sự co ngót về chiều dày và xuất hiện các ứng suất nội. Sự co ngót càng lớn khi nồng độ tinh bột càng nhỏ và sự hydrat hóa càng cao. Có thể thêm vào các chất pha loãng để làm giảm sự hydrat hóa và do đó, làm giảm sự co ngót. Màng thu được từ nồng độ tinh bột thấp, tốc độ bay hơi lớn, mạch tinh bột được định hướng một cách mạnh mẽ, thường có độ bền cao, song lại có ứng suất nội lớn.

Khi làm khô chậm, màng kém bền hơn, tuy nhiên, lại không có ứng suất nội. Vì vậy tốc độ bốc hơi nước phải được điều chỉnh hợp lý bằng cách thay đổi nhiệt độ, thay đổi tốc độ chuyển dịch và trao đổi không khí, thay đổi độ nhớt và nồng độ tinh bột trong dung dịch. Khi thay đổi các thông số này, ta sẽ thu được màng có cấu trúc và tính chất như mong muốn.

Để thu được màng tinh bột có tính đàn hồi cao, người ta có thể thêm chất hóa dẻo để làm tăng khoảng cách giữa các phân tử, làm giảm lực Van der Waals, do đó làm yếu lực cố kết nội và làm tăng động năng của các phân tử. Chất hóa dẻo thường có cùng bản chất hóa học nhưng có trọng lượng phân tử bé hơn. Với màng tinh bột thực phẩm, người ta hay dùng glycerin làm chất hóa dẻo.

Màng tinh bột trong suốt có tính đàn hồi cao cũng có thể thu được khi nhúng các bản phim vào dung dịch tinh bột. Chuẩn bị dung dịch tinh bột cũng giống như phương pháp tráng trên bản kim loại ở trên. Dung dịch tinh bột phải có độ nhớt thích hợp để phủ kín đồng đều bề mặt bản phim. Sau đó được gia nhiệt ở nhiệt độ thích hợp để làm chín tinh bột.

Cũng cần chú ý, đôi khi màng tinh bột thu được có tính giòn dễ bị rách là do trong quá trình hình thành màng đã đồng thời xảy ra hai quá trình sau:

- Sự giảm dần thể tích của chất tạo màng do nước bị bốc hơi.
- Sự hình thành dần dần và sự vững chắc hóa cấu trúc cục bộ, làm mất độ chảy và làm xuất hiện một độ bền nào đó ở trong màng còn chưa được hoàn chỉnh.

Ta đều biết bề mặt kim loại cũng như bề mặt bàn phím là những bề mặt rắn không có khả năng thay đổi kích thước chiều rộng của mình. Do đó trong màng sẽ xuất hiện ứng suất nội, nếu ứng suất nội bé hơn độ bền của cấu trúc đã hình thành khi đó, thì khi co ngót không làm rách màng. Nếu ứng suất này lớn hơn độ bền của cấu trúc màng lúc đó thì màng sẽ bị rách.

Có thể khắc phục các hiện tượng trên bằng cách tăng nhiệt tạo màng lên một ít để làm tăng chuyển động nhiệt của các hạt tinh bột, do đó sẽ phá vỡ cấu trúc mới tạo ra hoặc bằng cách tăng sự tạo cấu trúc để màng vừa tạo thành bền và đàn hồi để không bị đứt khi co ngót (thường thêm chất hóa dẻo).

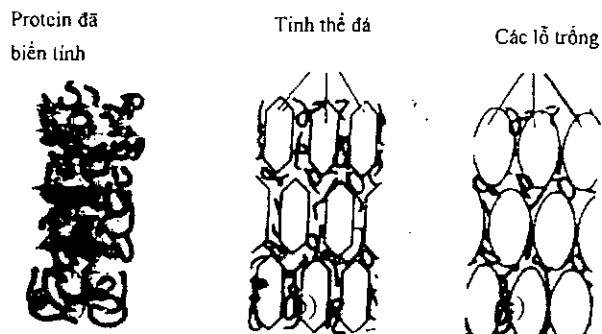
Sự tạo màng tinh bột bằng nhiệt cũng là cơ sở của phương pháp dân gian trong chế tác bánh tráng (bánh đa) và bánh cuốn. Chỉ khác là ở đây dịch tinh bột thu được bằng cách xay (nghiền) ướt gạo... Sau khi đồ dịch bột lên trên một tấm vải được đặt trên miệng nồi nước đun sôi, màng tinh bột được làm chín bằng cách hấp. Thu lại màng đem phơi khô làm bánh tráng hay cuộn lại với nhân thích hợp để thành bánh cuốn.

9.2.3.4. Đông tụ nhiệt bằng hơi có áp suất

Phương pháp này dựa trên sự gia nhiệt một bột có độ ẩm 20% bằng hơi nước có áp suất, sau đó đưa về áp suất khí quyển, sản phẩm sẽ phồng lên và toả hương thơm.

9.2.4. Tạo cấu trúc bằng nhiệt độ thấp

Kỹ thuật này thường được sử dụng để tạo kết cấu cho protein của đậu tương.



Hình 9.5. Phương pháp tạo kết cấu bằng lạnh đông.

- Protein trong dung dịch;
- Sự tập trung các protein vào trong nước chưa đông băng;
- Các protein tạo thành một mạng lưới xốp sau khi tan giá.

– Khối đông thu được từ sữa đậu, đem làm lạnh ở -5°C trong nhiều giờ. Sau khi làm tan giá, nước được loại bỏ đi bằng cách ép sẽ thu được một kết cấu xốp đã loại bỏ được các glucit không tiêu hóa được (hình 9.5).

9.2.5. Tạo kết cấu bằng áp suất cao

Phương pháp này gần đây rất phát triển và đa dạng. Bởi lẽ phương pháp này cho phép tiệt trùng hoặc thanh trùng các thực phẩm ở nhiệt độ thấp mà không làm mất giá trị dinh dưỡng cũng như không làm mất chất lượng cảm quan của chúng.

Cơ sở của phương pháp là ở chỗ: Khi tế bào vi sinh vật chịu một áp suất rất cao (tới 5000 bar) thì cân bằng thẩm thấu ở chúng sẽ bị biến đổi, nhất là khi đưa áp suất lên rất nhanh. Hoạt độ của các enzym lúc này có thể bị biến đổi do hình thể của protein enzym đã bị hư hỏng. Chính bởi lý do này mà các tính chất chức năng của polymer cũng bị biến đổi. Đặc biệt là các pectin của nước quả hoặc pectin của các mút như sẽ tự liên kết lại thành sợi.

Hậu quả biến tính do áp suất cao gây ra là làm vô hoạt các enzym và làm giảm độ hòa tan và/hoặc khả năng tạo gel của các polymer.

Các cơ chế có liên quan đến sự trao đổi các cầu disulfua trong tạo gel do nhiệt thường nhiều hơn trong tạo gel do áp suất cao. Quả vậy, các gel thu được bằng nhiệt thường cứng hơn, giòn hơn và ít nhớt hơn. Tuy nhiên, hậu quả khác nhau tùy thuộc vào bản chất của protein và áp suất sử dụng. Chẳng hạn, để tạo gel được trong 30 phút cần phải có áp suất tối thiểu từ 2000 đến 3000 bar đối với protein miofibril của cá, 4000 bar đến 7000 bar đối với protein của lòng trắng và lòng đỏ trứng.

Khi thêm sorbitol hoặc thêm glucit sẽ làm giảm khả năng đông tụ, còn nếu thêm NaCl lại có tác dụng ngược lại.

Dựa trên nguyên tắc này, có thể tạo hình nhiều sản phẩm khác nhau.

- Tái tạo lại thịt cá hoặc thịt lợn đã được phân tách ra bằng cơ học.
- Chế tạo ra sợi protein đi từ isolat protein của đậu tương.

Ưu điểm của kỹ thuật này là ở chỗ có khả năng tiến hành ở nhiệt độ thấp (0°C) trong bao bì mềm, bằng cách làm giảm các vi sinh vật mà không làm mất hương thơm và làm xấu màu sắc.

Cũng có thể ứng dụng kỹ thuật này để:

- Tăng nhanh quá trình đông tụ của sữa bột tái tạo nhờ renin.
- Tăng nhanh độ nhạy cảm của các protein hình cầu đối với phản ứng proteolyse do sự giãn mạch từng phần của các phân tử chứa ít cầu disulfua (trường hợp của β -lactoglobulin).

Nói chung ở nhiệt độ thường có thể tạo gel các huyền phù cũng như các dung dịch protein khác nhau. Chẳng hạn để tạo gel trong 30 phút ở nhiệt độ 25 °C đòi hỏi phải có các áp suất sau:

- + Với thịt thò cần 2 Kbar.
- + Dung dịch protein đậu tương cần 3 Kbar.
- + Với surimi của cá cần 4 Kbar.
- + Lòng trắng trứng cần 6 Kbar.

Các gel thu được bằng áp suất cao thường ít cứng hơn nhưng đàn hồi hơn, trơn và bóng hơn các gel thu được bằng nhiệt. Màu sắc và hình thơm ban đầu vẫn được bảo toàn.

Thường khi tăng áp suất sẽ làm tăng độ cứng và giảm độ bám dính nhưng không làm cho gel bị giòn. Có điều là tính chất kháng trypsin của protein đậu tương vẫn không bị mất khi xử lý ở nhiệt độ 55 °C và áp suất 7 Kbar.

9.3. Tạo kết cấu bằng phương pháp hóa học

9.3.1. Tạo kết cấu cho các protein bằng oxy hóa

Một trong những công nghệ tạo hình dựa trên sự oxy hóa được biết sớm nhất là quá trình tạo bột nhào làm bánh mì.

Gluten là protein không hòa tan của bột mì, sau khi hydrat hóa và nhào cơ học có thể tạo ra một khối bột có tính nhớt dẻo. Kết cấu này có được là do sự oxy hóa các nhóm thiol thành các cầu disulfua nối các phân tử lại với nhau (hình 9.6). Kết quả tạo ra một mạng lưới gồm các phân tử glutenin được khâu lại trong đó, nhớt các phân tử gliadin đã ngậm nước.

Từ lâu người ta đã thừa nhận rằng các glutenin đã được khâu lại có vai trò tạo ra độ đàn hồi, còn các gliadin ngậm nước thì đóng vai chất làm đặc. Tuy nhiên những hiểu biết mới gần đây về cấu trúc của các gliadin cho thấy do sự lặp lại đều đặn của các trình tự có chứa các gốc prolin, glyxin và valin tạo cho các gliadin có hình thể xoắn ốc chùng nên làm cho chúng có tính chất đàn hồi.

Các phản ứng oxy hóa có thể được tăng cường không những do sự tham gia của oxy không khí trong quá trình nhào mà còn do sự có mặt của các superoxide được tạo ra khi oxy hóa các axit béo không no đa nối đôi (hình 9.7).

cũng như các dung
 nhiệt độ 25 °C đòi hỏi

đều dần hồi hơn, tron
 ban đầu vẫn được

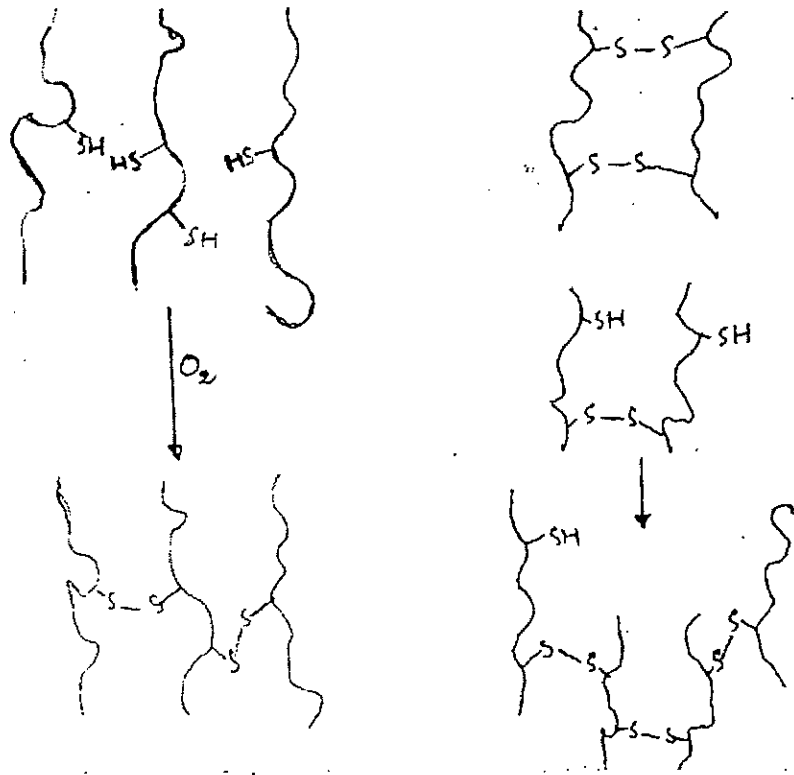
đỉnh nhưng không
 tiến đầu tương vẫn

biết sớm nhất là

và nhào cơ học
 do sự oxy hóa các
 (9.6). Kết quả tạo
 nhất các phân tử

có vai trò tạo ra
 tự nhiên những
 điều kiện của các
 hình thể xoắn ốc

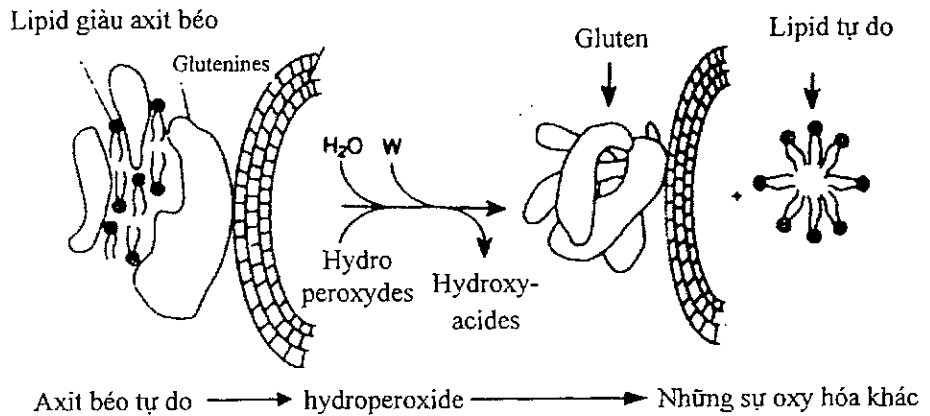
sự tham gia của
 peroxide được tạo



Sự hình thành cầu disulfua nhờ sự
 oxy hoá các nhóm thiol

Sự trùng hợp hoá các chuỗi polypeptid
 nhờ sự trao đổi các cầu disulfua

Hình 9.6. Sơ đồ biểu diễn sự trùng hợp hóa các protein nhờ sự oxy hóa các nhóm thiol (-SH).

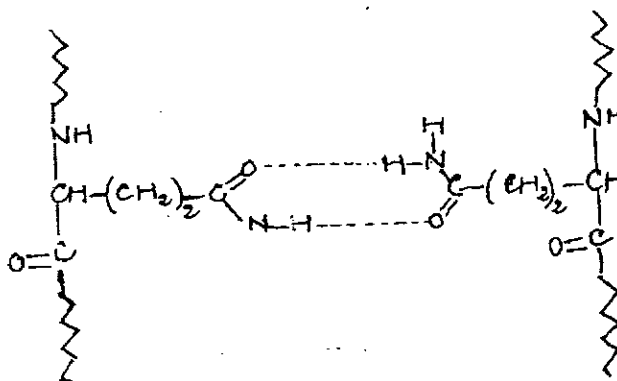


Hình 9.7. Sự tạo thành của gluten trong quá trình nhào trộn và sự giải phóng ra các lipid.

Khi thêm bột đậu tằm (fève, fava bean) giàu lipoxygenase cũng sẽ tăng cường sự oxy hóa các cầu disulfua. Thêm bột đậu tương vốn giàu lipoxygenase hơn rất nhiều sẽ thích hợp hơn vì sự có mặt của nó không làm mất đi tính cảm vị đặc trưng của sản phẩm cuối.

Cũng như vậy khi thêm axit ascorbic sẽ rất có lợi, bởi axit ascorbic sẽ oxy hóa nhóm thiol của glutation vốn dĩ có tác dụng kìm hãm sự tạo thành các cầu disulfua.

Trong quá trình tạo bột nhào làm bánh có sự tham gia của các liên kết hydro, liên kết kỵ nước: trong quá trình hydrat hóa, các liên kết hydro thường được thiết lập nên giữa các nhóm amid của glutamin và của asparagin, còn các liên kết kỵ nước của các mạch bên không cực có chứa nhiều gốc như Phe, Tyr, Ile, Leu và Val (hình 9.8).



Hình 9.8. Sự kết hợp các gốc glutaminyl nhờ liên kết hydro.

9.3.2. Tạo kết cấu các protein nhờ liên kết ngang bằng hóa học và bằng enzym

Sự tạo liên kết ngang giữa các protein có thể thu được nhờ tạo thành các liên kết tĩnh điện. Sự suxinyl hóa thường làm tăng số điện tích âm (một nhóm $-COOH$ sẽ được đặt vào đầu cuối $\epsilon-NH_2$ của chuỗi lysin), kết quả sẽ làm gia tăng liên kết ion và các tương tác kỵ nước.

Việc hình thành các cầu đồng hóa trị (chẳng hạn bằng glutaraldehyd hoặc bằng phosphoryl hóa) còn hạn chế ở việc tạo gel hoặc tạo màng để dùng cho mục đích phi thực phẩm.

Các enzym như transglutaminase cũng có thể liên kết ngang các protein bằng cách tạo ra các cầu isopeptid giữa các mạch bên của glutamin và lysin; tuy nhiên giá thành còn cao, chưa thích hợp cho sử dụng trong công nghiệp.

ase cũng sẽ tăng cường
peroxygenase hơn rất nhiều
cảm vị đặc trưng của sản

axit ascorbic sẽ oxy hóa
các cầu disulfua.

của các liên kết hydro,
thường được thiết lập
các liên kết kỵ nước của
leu và Val (hình 9.8).



hydro.

g bằng hóa học

thành các liên kết
- COOH sẽ được
liên kết ion và các

aldehyd hoặc bằng
cho mục đích phi

các protein bằng
tuy nhiên giá

9.3.3. Tạo kết cấu bằng khí có áp suất

Những nghiên cứu mới đây đã chứng tỏ rằng, các khí như anhydrid carbonic protoxyd có thể làm vô hoạt peroxydase khi áp suất cao hơn 3 bar. Các biến đổi về kết cấu cũng được quan sát, song cơ chế hóa học còn ít biết và những thực nghiệm cũng chỉ ở mức pilot.

9.4. Tạo kết cấu bằng phương pháp enzym

9.4.1. Đặc điểm tác dụng của enzym

– Enzym thường có tính đặc hiệu cao: một enzym đã cho thường chỉ tác dụng vào một liên kết hóa học nhất định hoặc vào một số ít liên kết hóa học có tính gần gũi. Do đó, sản phẩm tạo ra sẽ có những đặc trưng và kích thước nhất định.

– Một enzym có thể có tác dụng kép (dualistic, duality nhị nguyên).

Chẳng hạn một enzym thủy phân thường có tác dụng thủy phân nhưng khi ở một nồng độ cơ chất nào đó có thể có tác dụng tổng hợp. Đây chính là điều rất có lợi trong các quá trình công nghệ.

– Các enzym thường có tính hiệp trợ rất đặc biệt, nhất là giữa các enzym của cùng một nhóm hoặc giữa các enzym cùng xúc tác một chuỗi phản ứng.

9.4.2. Tạo cấu trúc cho phô mát nhờ enzym chimosin

Như ta đều biết sữa là dung dịch nước của 2 protein khác nhau về tính háo nước:

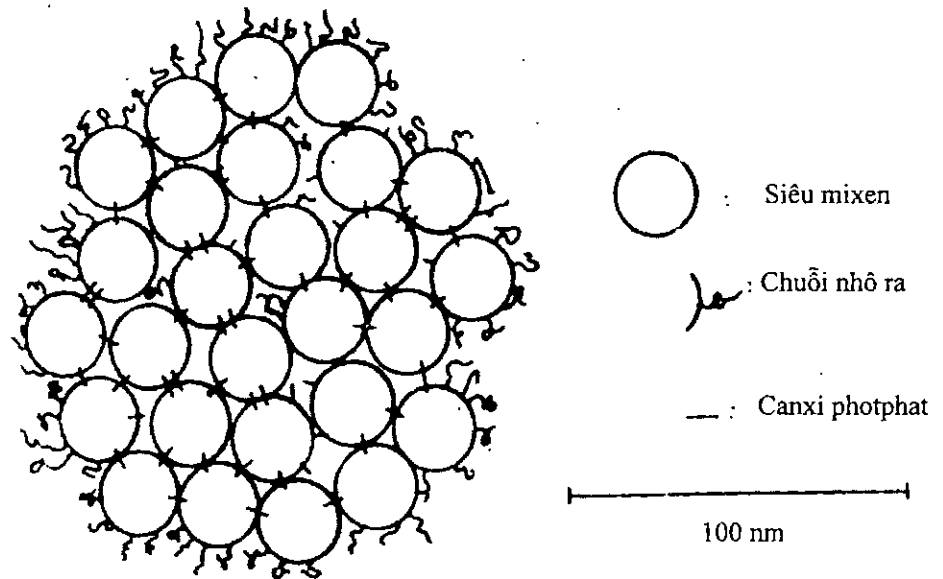
– Phần protein hòa tan chủ yếu là các protein hình cầu.

– Phần protein ở dạng keo không bền là phức của các mixen casein với phosphat canxi; thường ở dạng các hạt hình cầu có đường kính từ 20 – 300 nm. Đó là các mixen.

Theo Schmidt (1980), mixen được tổ chức như sau:

a) Các siêu mixen (các dưới đơn vị) được cấu tạo từ các casein: α_{S1} , α_{S2} , β , κ có đường kính khoảng 20 nm và được tổ chức theo kiểu để các đầu kỵ nước được gấp vùi vào bên trong, còn các nhóm háo nước của các casein và casein κ thì bao phủ ở bề mặt.

b) Các siêu mixen tự tập hợp lại thành mixen nhờ phosphat canxi dạng keo phân tán rất mịn sẽ liên kết với các casein α_{S1} , α_{S2} , β qua chuỗi phosphoryl của mình. Các siêu mixen nghèo casein κ thì nằm ở bên trong mixen. Mixen sẽ ngừng lớn lên khi toàn bộ mặt ngoài được phủ bằng casein κ (hình 9.9).



Hình 9.9. Sơ đồ mặt cắt của các mixen casein
(Theo Walstra, 1990, Walstra và Jenness, 1984).

Vậy là casein κ nằm chủ yếu ở mặt ngoài của mixen, đầu tận cùng caseinoglycopeptid rất háo nước của casein κ tạo thành một bộ rễ tự do rất mềm mại từ axitamin 86 cho đến axit amin 169 làm thành một lớp dày khoảng 7 nanomet nổi lũng thũng trong lactoserum (Walstra, 1990).

c) Trong sơ đồ này, vai trò bảo vệ của casein κ là hiển nhiên bởi do hàm lượng phospho thấp (chỉ duy nhất có 1 nhóm phosphat) song hàm lượng các glucit của nó lại giàu nên rất háo nước và bảo đảm được độ ổn định của mixen. Hàm lượng casein κ càng nhiều, kích thước của mixen càng nhỏ và mixen càng bền.

Khi bị tác động của enzym chimosin liên kết peptid giữa Phe₁₀₅ và Met₁₀₆ trên casein κ bị đứt, giải phóng ra đoạn caseinoglycopeptid, còn đoạn paracasein κ kỵ nước không hòa tan thì giữ lại trên mixen. Hậu quả là vô háo nước bị phá hủy, các ion Ca⁺² dễ dàng tiếp cận với casein α S, casein β , paracasein κ và sự đông tụ sữa sẽ xảy ra tức thì. Các mixen lúc này tự liên kết với nhau bằng những điểm "móc nối" không đồng đều dẫn đến tạo thành những dây các khoang riêng biệt có chứa đầy lactoserum. Khi đó sẽ thu được một gel rất xốp là bởi các mixen tiếp xúc với nhau có mức độ, lại giữ trong lòng mình một lượng dư thừa lactoserum nên sẽ phình ra theo cả ba hướng trong không gian.

Người ta thừa nhận rằng sự đông tụ và tạo gel cho pho mát chỉ xảy ra khi trên 80% casein κ của mixen bị biến đổi bởi enzym.

9.4.3. Tạo cyclodextrin vòng bằng enzym transferase

Các cyclodextrin, dextrin vòng hay dextrin Schardinger là những sản phẩm được tạo ra từ tinh bột do tác động của enzym transferase.

Enzym cyclodextrin-glucano transferase hay cyclodextringlucosyl transferase (CGT-ase) (1,4 α D glucan: 1,4 α D glucopyranosyl - transferase EC.2.4.1.19) có khả năng chuyển hóa chuỗi mạch thẳng của tinh bột thành phân tử mạch vòng cyclodextrin.

Các cyclodextrin tạo ra chủ yếu là α , β và γ cyclodextrin do 6, 7 và 8 đơn vị glucose liên kết với nhau bằng liên kết α -1-4 glucosid.

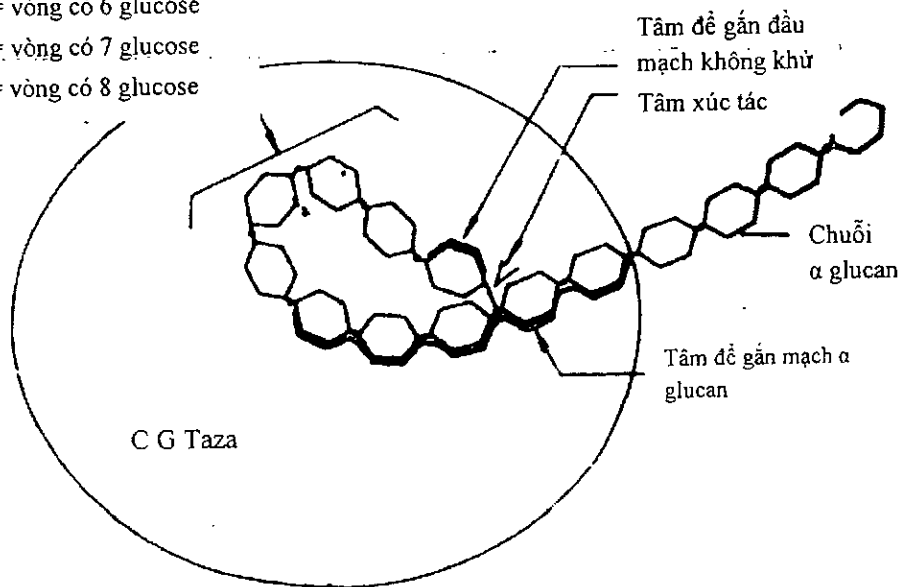
Bovetto (1988) đã đưa ra giả thiết là enzym này có hai trung tâm: một trung tâm chịu trách nhiệm việc gắn chất cho (gồm năm tâm phụ và đảm nhận sự thủy phân, là phần nằm giữa tâm phụ thứ ba và thứ tư) và một trung tâm chịu trách nhiệm việc gắn chất tiếp nhận (có ái lực mạnh đối với một gốc glucose tận cùng của đầu không khử) nằm ở điểm cách khoảng hai đơn vị glucose. Sự thủy phân sẽ xảy ra sau khi đã chuyển glucosid đến tận gốc glucose không khử tận cùng (hình 9.10).

Phân vòng có thể thay đổi

α CD = vòng có 6 glucose

β CD = vòng có 7 glucose

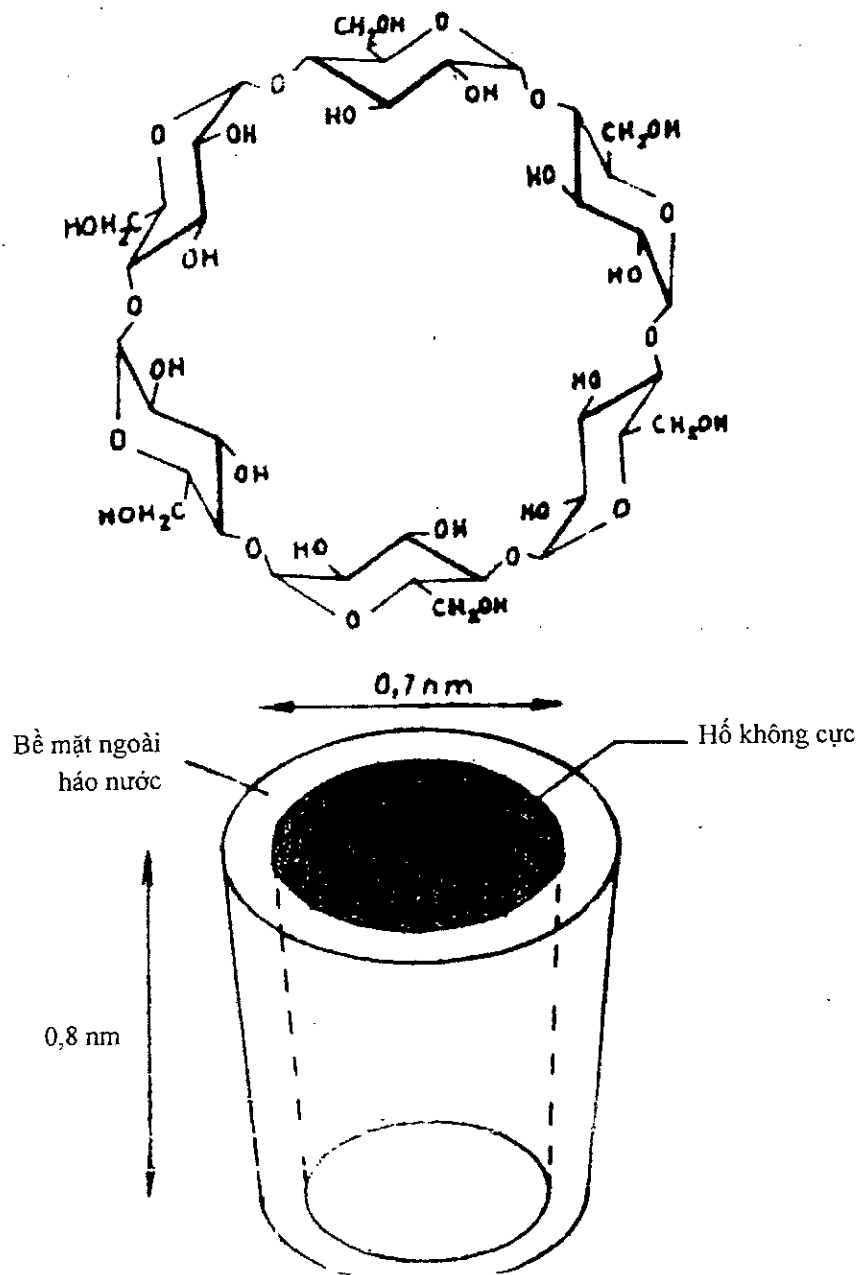
γ CD = vòng có 8 glucose



Hình 9.10: Mô hình trung tâm hoạt động của enzym cyclodextrin gluconotransferase từ *Bacillus circulans* (Bovetto, 1988).

Các nghiên cứu về tinh thể cho thấy các α , β và γ cyclodextrin đều có dạng hình xuyên và được giữ chặt bởi các liên kết hydro giữa các nhóm hydroxyl bậc hai của các

gốc glucose kề nhau. Các nhóm hydroxyl bậc nhất đều hướng ra bên ngoài mạch vòng. Kích thước trung bình của hình xuyên là $1,5 \text{ nm} \times 0,7 \text{ nm} \times 0,8 \text{ nm}$ (hình 9.11).



Hình 9.11. Mô hình phân tử của β cyclodextrin.

tron
nhũ
hắc
đối
cyc.

chỉ
tăng

ngh

chol
chứ

ên ngoài mạch vòng.
(hình 9.11).

Lợi ích của các cyclodextrin là ở chỗ chúng có mặt một cái hố có bề mặt bên trong kỵ nước còn bề mặt bên ngoài thì ưa nước. Cấu trúc này cho phép tạo ra được những phức bao (complexe d'inclusion) bền vững với các chất hữu cơ, với muối và halogen. Vì vậy, các chất kỵ nước đều có thể được hòa tan. Tùy theo kích thước tương đối của chúng mà phân tử "khách thể" được bao bọc toàn bộ hay một phần, còn cyclodextrin thì đóng vai trò chất "chủ thể" hay tiếp nhận.

Sự tạo ra phức này có tác dụng làm tăng độ bền của phân tử "khách thể" không chỉ trong nước mà còn trong không khí đối với các sản phẩm khô, ngoài ra còn làm tăng độ bền đối với nhiệt độ, đối với oxy hóa và đối với sự thủy phân.

Các hợp chất bao này tồn tại được ở trong dung dịch và cả ở trạng thái rắn.

Vì những tính năng như vậy nên các cyclodextrin có nhiều ứng dụng trong công nghiệp dược, công nghiệp thực phẩm, nông nghiệp, trong mỹ phẩm.

Có thể kể ra một số ứng dụng công nghiệp của cyclodextrin:

- Làm bền các hợp chất bay hơi, các nhũ tương, các hợp chất vòng, các chất gia vị.
- Loại bỏ các phân tử không mong muốn (chất gây đắng của các vị thuốc, các cholesterol của các thực phẩm).
- Thay đổi hoạt tính hóa học của một phân tử bằng cách bảo vệ một số nhóm chức năng của phân tử này.

không cực

Chương 10

PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯỜNG CÁC TÍNH CHẤT LƯU BIẾN CỦA THỰC PHẨM

10.1. Các tính chất lưu biến của thực phẩm

Tính chất lưu biến là những tính chất có liên quan đến hiện tượng biến dạng và hiện tượng chảy của các chất rắn và chất lỏng dưới ảnh hưởng của các lực cơ học. Các thực phẩm thường là ở thể rắn hoặc thể lỏng nên cũng có các tính chất lưu biến. Các hiện tượng lưu biến thường quyết định tính chất chức năng của thực phẩm và thường xảy ra trong khi chế tác (độ bền kết cấu), khi cất giữ (độ bền lý học) cũng như trong khi tiêu thụ. Các thực phẩm dạng rắn thường bị biến dạng khi xử lý và khi nhai. Các thực phẩm lỏng thường xảy ra sự chảy tầng hay chảy rối và tạo ra một độ nhớt nào đó khi nhai và nuốt trong miệng.

– Các quá trình chế biến cơ học và quá trình nhai gồm rất nhiều giai đoạn mà khoa học vật liệu cần phải tách chúng ra để lượng hóa và hiểu rõ chúng.

– Trong miệng, thực phẩm vẫn tiếp tục bị thay đổi tính chất do nhiệt độ, pH, hàm lượng nước,...

– Hầu hết các nhà khoa học thực phẩm đều không được đào tạo về khoa học vật liệu.

– Hầu hết các nhà khoa học vật liệu đều không thừa nhận thực phẩm là một loại vật liệu

Trên thực tế, nhiều nghiên cứu cho thấy tính chất cơ học của thực phẩm có mối quan hệ với cấu trúc của chúng cũng như các điều kiện khi nhai nuốt trong miệng (sự biến dạng – deformation, tốc độ, trạng thái của thực phẩm, pH) có mối quan hệ mật thiết với sự cảm nhận tinh tế về sự hiện hữu của thực phẩm khi ăn. Đánh giá cảm quan về cấu trúc của thực phẩm liên quan không chỉ tới mối quan hệ phức tạp giữa cấu trúc và tính chất của thực phẩm mà còn giữa động tác nhai nuốt và các tương tác khác trong miệng. Khi nắm được các đặc điểm cơ lý của thực phẩm và mối liên quan của chúng tới các thông số công nghệ khi chế biến, người ta có thể dùng nó để điều khiển công nghệ. Tuy nhiên, việc lựa chọn phương pháp đo và chỉ tiêu để đo đặc phụ thuộc vào sản phẩm đó được tiêu thụ trong miệng như thế nào.

Các tính chất cảm quan như độ giòn, lực nhai, độ dẻo dai... là những cảm nhận về các quá trình diễn ra trong miệng liên quan đến các tương tác giữa răng, lưỡi, hàm, nước bọt. Khi đó, thực phẩm trải qua nhiều biến dạng, do đó, có liên quan trực tiếp đến

HẬT LƯU

ng biến dạng và
lực cơ học. Các
hật lưu biến. Các
phẩm và thường
cứng như trong
và khi nhai. Các
độ nhớt nào đó

giai đoạn mà

hiệt độ, pH,

o về khoa học

hàm là một loại

phẩm có mối
trong miệng
quan hệ mật
giá cảm quan
giữa cấu trúc
tác khác trong
nan của chúng
hầu khiến công
phụ thuộc vào

ng cảm nhận
ng, lưỡi, hàm,
trực tiếp đến

đánh giá cảm quan và cơ lý. Không có một quá trình cơ học nào có thể mô phỏng đầy đủ cảm nhận xảy ra khi có thực phẩm trong miệng tạo ra tính chất cấu trúc theo cảm quan. Thường thì bộ não sẽ tập hợp những cảm nhận này và đưa ra những khái niệm như độ giòn tan, phải nhai nhiều.

Ví dụ: khái niệm “độ giòn tan” liên quan chặt chẽ đến chỉ tiêu cảm quan “cứng và giòn” (crunchy) và “dễ vỡ vụn” (crumbly). Khái niệm này cần phải được cụ thể hóa dưới dạng vật liệu có thể đo đạc các thông số được. Đối với cảm quan, khái niệm này liên quan đến trạng thái mà lực của cơ quai hàm giảm đột ngột khi thực phẩm bị vỡ (gãy) trong miệng, lúc này có cảm nhận rằng bị giảm lực nhai. Độ giòn tan liên quan đến sự giảm lực nhanh khi thực phẩm bị vỡ vụn – được gọi là thực phẩm dễ vỡ.

10.1.1. Độ cứng

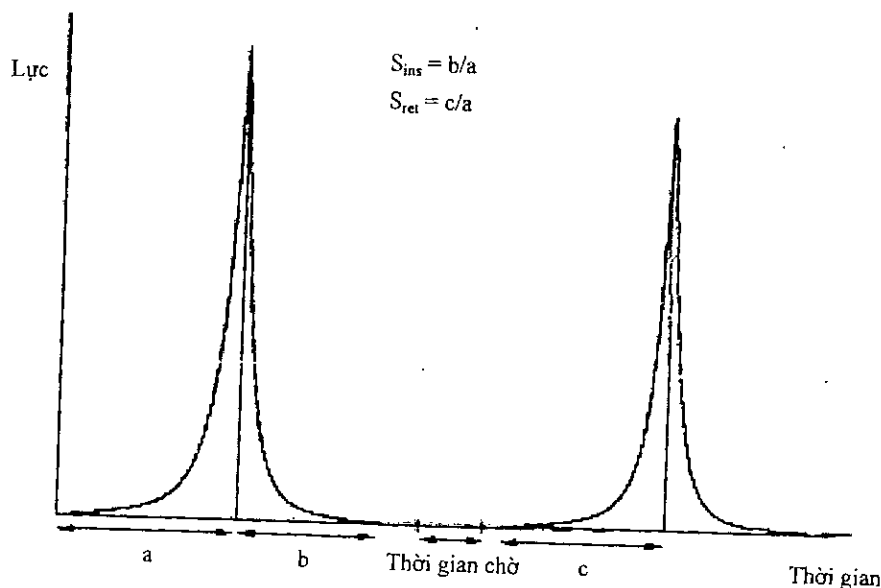
Độ cứng đối với cảm quan được đánh giá bằng tay (khi bẻ) và cảm nhận bằng miệng (khi cắn) có mối tương quan chặt chẽ với sự biến dạng phá vỡ. Khái niệm “độ cứng” lần đầu tiên được nhà khoa học Szczesniak định nghĩa là “lực tác dụng lên thực phẩm để đạt tới sự biến dạng đã định” hoặc “lực tác dụng lớn nhất xuất hiện tại thời điểm bất kỳ nào đó trong chu kỳ nén đầu tiên của máy đo cấu trúc”. Đối với một số máy đo cấu trúc như General Food Texturometer, khái niệm độ cứng là “chiều cao của lần cắn đầu tiên”. Tuy nhiên, khái niệm này có thể được thay thế bằng khái niệm “độ chắc”. Chỉ số này cũng có thể được coi là “độ chịu nén” đối với một sự biến dạng đã cho. Xác định độ cứng bằng cách tác dụng một tải trọng lên thực phẩm đến biến dạng mong muốn. Biến dạng này có thể làm phá vỡ vật liệu, cũng có thể không. Do đó, tùy thuộc vào độ lớn của sự biến dạng đã chọn trước, độ cứng có thể liên quan đến độ bền của thực phẩm.

10.1.2. Độ đàn hồi

Hầu hết các thực phẩm rắn và những thực phẩm dạng gel được biết đến đều là những sản phẩm có tính đàn hồi. Độ đàn hồi của thực phẩm được định nghĩa là “tốc độ mà một thực phẩm bị biến dạng trở về với trạng thái ban đầu của nó sau khi loại bỏ tác động biến dạng”. Ngoài ra, độ đàn hồi còn có thể được xác định bằng “sự khác biệt giữa chiều cao của thực phẩm khi nhai lần đầu với chiều cao khi nhai lần thứ 2”. Việc cảm nhận độ đàn hồi nhờ nhai trong miệng là khó xác định do răng có độ nhọn sắc nhất định và tương đối kém nhay. Ngày nay, khái niệm này được sử dụng rộng rãi.

Tuy nhiên, có thể dùng “sự phục hồi sau biến dạng đàn hồi” để thay thế cho khái niệm ban đầu “tính đàn hồi”, đó là “lực cùng với nó vật liệu bật trở về trạng thái cũ trong quá trình nhai giữa các răng hàm”. Đối với các vật liệu thực phẩm ở trạng thái gel, quá trình phục hồi sau biến dạng có thể ngay lập tức (đàn hồi lý tưởng) hoặc phục hồi sau một thời gian nhất định (đàn hồi trễ). “Độ co giãn có thể phục hồi ngay lập tức” (Sins) được định nghĩa là “tỷ số giữa khoảng cách (hoặc thời gian được ghi lại

trong suốt quá trình nén của mẫu với khoảng cách (hoặc thời gian) được ghi lại trong suốt quá trình nén mẫu ban đầu. Độ co giãn có thể phục hồi chậm (S_{ret}) được định nghĩa là tỷ số giữa khoảng cách “hoặc thời gian” được ghi lại trong quá trình nén mẫu, biểu thị bởi chiều cao đạt được trong khoảng thời gian giữa hai lần cắn với khoảng cách (hoặc thời gian) được ghi lại trong suốt quá trình nén đầu tiên. Biểu thị bởi chiều cao ban đầu của mẫu (hình 10.1). Do đó, thông số thứ nhất là sự biểu thị của những tính chất đàn hồi lý tưởng (sự khôi phục ngay lập tức) trong khi đó thông số thứ hai sẽ phản ánh những đặc tính dựa vào trạng thái đỉnh của mẫu gel (sự phục hồi chậm), đó thể hiện những chất liệu dẻo dính.



Hình 10.1. Giản đồ TPA – độ đàn hồi lý tưởng và độ đàn hồi trễ.

Cả hai thông số này sẽ không có thứ nguyên. Khi giá trị “độ đàn hồi có thể phục hồi ngay lập tức” gần hoặc bằng 1, giá trị này biểu thị thành phần có tính đàn hồi cao nằm trong mẫu, khi đó “độ đàn hồi có thể phục hồi chậm” có giá trị bằng với giá trị “độ đàn hồi có thể phục hồi ngay lập tức” ($S_{ret} = S_{ins}$). Mặt khác trong mẫu mà có thành phần nhớt đáng kể thì $S_{ret} > S_{ins}$, sự khác biệt này sẽ tăng khi khoảng thời gian giữa hai lần cắn trở nên dài hơn”.

10.1.3. Độ cố kết (cohesiveness)

Độ cố kết là “độ bền của các liên kết nằm bên trong tạo nên hình dáng của sản phẩm”. Trong đường cong TPA nó được đo bằng tỷ số giữa diện tích nằm dưới đỉnh thứ hai và diện tích nằm dưới đỉnh thứ nhất (A_2/A_1) (hình 10.2). Rất khó xác định và đánh giá tính chất này bằng cảm quan vì chỉ số này không liên quan tới một cảm nhận

được ghi lại trong (Stet) được định trình nén mẫu, cần với khoảng điều thị bởi chiều độ thị của những số thứ hai sẽ hồi chậm), đó

Thời gian
 về.
 có thể phục
 đàn hồi cao
 với giá trị
 mà có thành
 gian giữa hai
 của sản
 dưới đỉnh
 xác định và
 cảm nhận

riêng biệt nào khi ăn như cảm nhận về độ cứng, độ giòn. Thông số này phản ánh “sự dày đặc chống lại sự nhai”.

10.1.4. Khả năng gãy vỡ

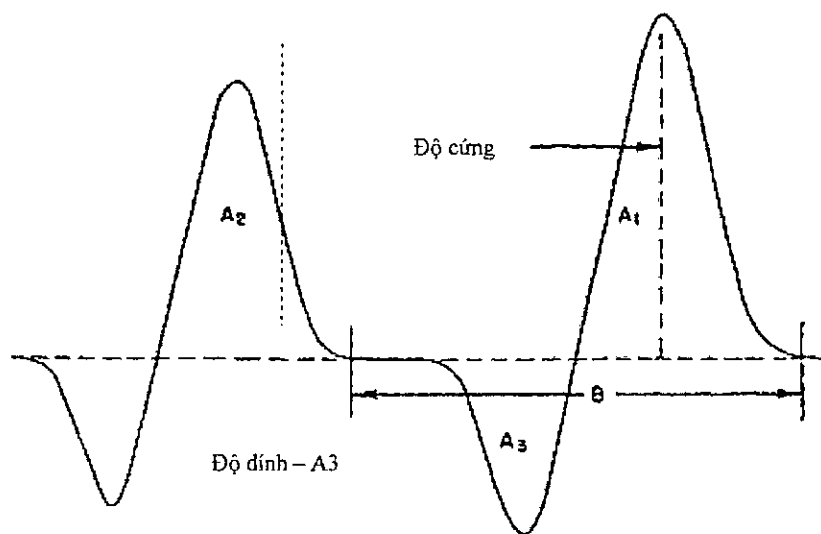
Ban đầu thông số này được gọi là độ giòn và định nghĩa nó là “ lực tác dụng làm vật liệu gãy vỡ”, nó liên quan đến các thông số cơ bản: độ cứng và tính có kết. Với các nguyên liệu giòn thì tính có kết thấp, trong khi đó độ cứng có thể thay đổi. Thông số này được đo bằng phương pháp TPA “là chiều cao của đoạn gãy đầu tiên trong peak đầu”.

Sau đó khái niệm độ giòn được đổi thành “khả năng gãy vỡ”, khái niệm này ngày càng được sử dụng phổ biến. Do sự thay đổi này có thể là do “khả năng gãy vỡ” đưa ra sự phản ánh tốt hơn về các đặc tính dễ bị phá vỡ, trong khi “độ giòn” được nhận biết bởi các nhà phân tích cảm quan với những điểm cao trên thang đánh giá cảm quan. Thông số này chủ yếu thu được trong mô thực vật, như trái cây và các loại rau và ở các sản phẩm có độ ẩm thấp (mì sống, bánh mì giòn, nươg...). Trong hệ thực vật đó, các giá trị của khả năng nứt vỡ sẽ trùng với sự phá vỡ lớp vỏ bên ngoài của trái cây hoặc rau trong hầu hết các trường hợp. Đối với hệ gel, không có khái niệm nứt vỡ.

Độ có kết

$$\text{Độ đàn hồi} = \frac{A_2}{A_1}$$

C – hằng số thời gian đối với vật liệu dẻo



Hình 10.2. Giàn đồ cơ bản của máy đo cấu trúc, đọc từ phải qua trái, trong đó peak A₁ chỉ lần cắn thứ nhất, peak A₂ chỉ lần cắn thứ hai.

10.1.5. Độ dính

Độ dính là “công cần thiết để thắng lực hấp dẫn bề mặt của thực phẩm vào bề mặt của các vật liệu khác, nhờ đó thực phẩm đi vào trạng thái tiếp xúc (ví dụ như dính lưỡi, dính răng và vòm miệng...). Tính chất này có liên quan tới đặc tính bề mặt”. Các nhà nghiên cứu đã xác định độ dính trên thiết bị đo cấu trúc thực phẩm là “diện tích dính (peak) âm nằm dưới đường chuẩn của biến dạng, đặc trưng cho công cần thiết để kéo pittông ra khỏi mẫu”. Ngoài ra, có thể dùng lực lớn nhất trong diện tích đó hay tỷ lệ diện tích âm của lần nén thứ hai so với lần nén thứ nhất để thể hiện độ dính.

10.1.6. Lực cắn và lực nhai

Lực cắn là “năng lượng cần để phân cắt một sản phẩm thực phẩm bán rắn tới trạng thái sẵn sàng để nuốt, thường có liên quan tới độ cứng và độ cố kết”. Thông số này chỉ hướng vào nguyên liệu bán rắn có độ cứng thấp. Thang đo đánh giá tiêu chuẩn cho các thông số kết cấu cơ học và phạm vi của lực cắn đã được mở rộng cho thực phẩm bán rắn có độ cứng thấp và có khả năng cố kết cao, thường được đánh giá cảm quan qua độ đặc. Có sự tương quan giữa giá trị của thông số này khi đo bằng thiết bị đo cấu trúc và khi chấm điểm cảm quan theo thang điểm 5.

Lực nhai là “năng lượng cần để nhai một sản phẩm thực phẩm rắn tới trạng thái sẵn sàng để nuốt, thường có liên quan với độ cứng, độ cố kết và độ đàn hồi”. Trên biểu đồ TPA được tạo ra bởi thiết bị đo cấu trúc, thông số này được biểu diễn một cách toán học là “kết quả tính được từ độ cứng, độ cố kết và độ đàn hồi”.

Lực cắn được xác định rõ cho thực phẩm bán rắn và lực nhai là cho thực phẩm rắn.

10.1.7. Mô đun biến dạng

Mô đun biến dạng được định nghĩa là độ dốc của đường cong lực – biến dạng trước khi biến dạng ở lần nén thứ nhất. Thông số này cho phép hiểu sự thay đổi của thực phẩm khi nó được nén đến một mức độ biến dạng nhất định. Trong phương pháp phân tích cấu trúc TPA, mức độ biến dạng có thể đặt từ 10 – 80%. Thông số mô đun biến dạng không đồng nhất với khái niệm mô đun đàn hồi (Young's modulus) là thông số lưu biến thể hiện đặc tính đàn hồi của vật liệu, được đo bằng tỷ lệ giữa ứng suất và độ biến dạng. Mô đun biến dạng thực tế biểu thị tính cứng rắn hay tính bền của nguyên liệu, ở đó sự biến dạng tuyệt đối ở các điểm được lựa chọn trên biểu đồ ứng suất – biến dạng được lấy trong bảng để tính toán.

Các nghiên cứu gần đây trên TPA đã chỉ ra rằng, nên rút ra số liệu ứng suất – biến dạng thực từ biểu đồ lực – sự biến dạng trong chu trình nén đầu để tính “mô đun biến dạng” theo phương trình sau:

th
liê
tro
tro
tốc
Ne

biế

tín
sự
địn
liệu
nhê

Lực

lực

phá

của thực phẩm vào bề
ép xúc (ví dụ như dính
đặc tính bề mặt". Các
ực phẩm là "diện tích
cho công cần thiết để
ng diện tích đó hay tỷ
biến độ dính.

ực phẩm bán rắn tới
độ cứng kết". Thông số
đánh giá tiêu chuẩn
mở rộng cho thực
được đánh giá cảm
đo bằng thiết bị đo

bán rắn tới trạng thái
đàn hồi". Trên biểu
diễn một cách toán

nhai là cho thực

lực - biến dạng
sự thay đổi của
ng phương pháp
hông số mô đun
odulus) là thông
giữa ứng suất và
biến của nguyên
lực - biến

hiệu ứng suất -
lực "mô đun

Biến dạng thực $\epsilon_T = \ln(h/h_0 - \Delta h)$

và ứng suất thực $\sigma_T = F_t/A_0 \times h_0 - \Delta h/h_0$

Trong đó

h_0 : chiều cao ban đầu của mẫu;

Δh : biến thiên chiều cao trong quá trình nén;

F_t : lực nén ở thời điểm t ;

A_0 : diện tích của mẫu.

10.1.8. Độ nhớt

Tính lưu biến của thực phẩm là tính chất biến dạng và tính chất chảy dòng của thực phẩm trong những điều kiện xác định. Các thực phẩm khác nhau về cấu trúc và liên kết bên trong sẽ biến đổi theo những cách khác nhau khi làm biến dạng chúng trong những điều kiện nói trên. Đối với chất lỏng, khi áp dụng một lực vào chất lỏng, trong trường hợp đơn giản nhất, ứng suất biến dạng bên trong chất lỏng tỷ lệ thuận với tốc độ biến dạng hay tốc độ trượt. Trong trường hợp này, chất lỏng tuân theo định luật Newton và theo phương trình sau:

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma}$$

Trong đó τ là ứng suất biến dạng, thường được tính bằng Pascal (Pa), $\dot{\gamma}$ là tốc độ biến dạng hay tốc độ chảy (s^{-1}).

Hằng số μ có đơn vị là Pa/s được gọi là độ nhớt của chất lỏng. Độ nhớt được tính bằng tỷ số giữa ứng suất biến dạng và tốc độ chảy. Nguyên nhân của chảy nhớt là sự dịch chuyển tương đối giữa các tập thể nguyên tử, ion không theo một phương xác định (đối với vật liệu vô định hình) hoặc khuếch tán độc lập của nguyên tử (đối với vật liệu tinh thể). Ở nhiệt độ biến dạng cao, quá trình này diễn ra đồng thời với chảy dẻo nhờ chuyển động bởi nhiệt (hoạt nhiệt).

10.1.9. Một số thông số khác

- Ứng suất pháp (σ) là lực tác dụng trên một đơn vị diện tích, đơn vị là N/m^2 . Lực tác dụng có thể là lực căng, lực cắt, lực nén/ép.

- Mômen uốn gồm có cả lực căng và lực nén trong khi mô men xoắn chỉ có các lực cắt.

- Ứng suất kéo là ứng suất tạo ra khi kéo sản phẩm.

- Ứng suất nén là ứng suất có được do lực tác động trực tiếp lên vật liệu thực phẩm do các tác động ép, nén, đẩy.

- Ứng suất tiếp là ứng suất tiếp tuyến với mặt phẳng làm thay đổi hình dạng của vật.

- Ứng suất quay là ứng suất tiếp tuyến do hoạt động xoắn, quay tạo ra.

- Suất biến dạng (ϵ) là sự biến dạng kích cỡ, hình dạng của vật so với ban đầu khi bị lực tác động. Suất biến dạng là một đại lượng không có thứ nguyên và thường được biểu diễn dưới dạng %.

- Mô đun đàn hồi (E) là hệ số tỉ lệ giữa ứng suất với suất biến dạng có quan hệ tuyến tính trong đường cong ứng suất - suất biến dạng hay lực biến dạng. Trong những trường hợp quan hệ ứng suất - suất biến dạng là phi tuyến (thường gặp ở các vật liệu sinh học) thì ta có thể tính toán các mô đun biểu kiến. Định nghĩa "mô đun biến dạng" (modulus of deformability) có thể thay thế định nghĩa mô đun đàn hồi Young.

- Mô đun cắt (G). Quá trình nghiền, cắt làm giảm kích thước của vật liệu thực phẩm cần phải có lực tác động lên vật vượt quá sức bền cục bộ của mô tế bào. Phá vỡ mô tế bào do quá trình cắt tạo ra một phần, ví dụ khi ta nhai thức ăn.

- Mô đun thể tích (K). Khi nén thể tích, vật bị thay đổi thể tích nhưng không thay đổi hình dạng.

- Tỉ lệ Poisson (μ) là tỉ lệ ứng suất biến dạng thẳng tương đối theo phương ngang so với phương dọc trong giới hạn đàn hồi.

10.2. Chuyển pha trong thực phẩm

Thực phẩm gồm có các polyme và các dung dịch có chứa các chất hòa tan trong nước. Những polyme là những hợp chất có phân tử lượng lớn, bao gồm có protein, polysaccharide, lipid,... từ động và thực vật. Nước là một thành phần rất quan trọng, đóng vai trò chính cho việc tạo nên cấu trúc ăn được và khả năng bảo quản thực phẩm.

Có ba trạng thái chính trong thực phẩm, bao gồm rắn, lỏng và khí. Trong khi các mô tả cấu trúc của trạng thái lỏng và khí không rõ rệt thì trong trạng thái rắn lại có khoảng biến đổi rất rộng, từ rất mềm, đôi khi còn gọi là bán rắn hay gel, đến rất cứng. Sự chuyển pha trong thực phẩm có nghĩa là chuyển trạng thái vật lý của thực phẩm từ trạng thái lỏng đến trạng thái rắn hay ngược lại.

Sự chuyển trạng thái này được gây ra do sự thay đổi về nhiệt độ (gia nhiệt hay làm lạnh) hoặc áp suất. Đôi khi sự thay đổi còn có thể do một số điều kiện khác như pH hay các tác nhân đông tụ bằng Ca^{2+} hoặc axit. Về mặt nhiệt động học, định nghĩa chuyển pha dựa trên sự thay đổi của năng lượng tự do Gibb (G) và thế hóa học μ tại nhiệt độ chuyển pha (Sperling 1986). Chuyển pha bậc 1 được định nghĩa là quá trình chuyển pha mà tại đó, đạo hàm bậc 1 của G và μ biểu hiện sự gián đoạn tại nhiệt độ chuyển pha, tại đó đồng thời có một bước chuyển biến entalpy, entropy và thể tích. Chuyển pha bậc 1 bao gồm các quá trình kết tinh, tan giá, biến tính protein, hồ hóa tinh bột. Nếu nguyên liệu là tinh khiết, quá trình chuyển pha diễn ra ở một nhiệt độ xác định. Tuy nhiên trên thực tế, thực phẩm bao gồm nhiều hợp chất khác nhau, do vậy, quá trình chuyển pha diễn ra ở một khoảng nhiệt độ. Chuyển pha bậc 2 được định nghĩa là quá trình chuyển pha mà tại đó đạo hàm bậc 2 của G và μ biểu hiện sự gián đoạn tại

của vật so với ban đầu
có thứ nguyên và

biến dạng có quan
liên biến dạng. Trong
thường gặp ở các vật
nghĩa "mô đun biến
đàn hồi Young.

đặc của vật liệu thực
của mô tế bào. Phá
hủy ăn.

thể tích nhưng không

đổi theo phương

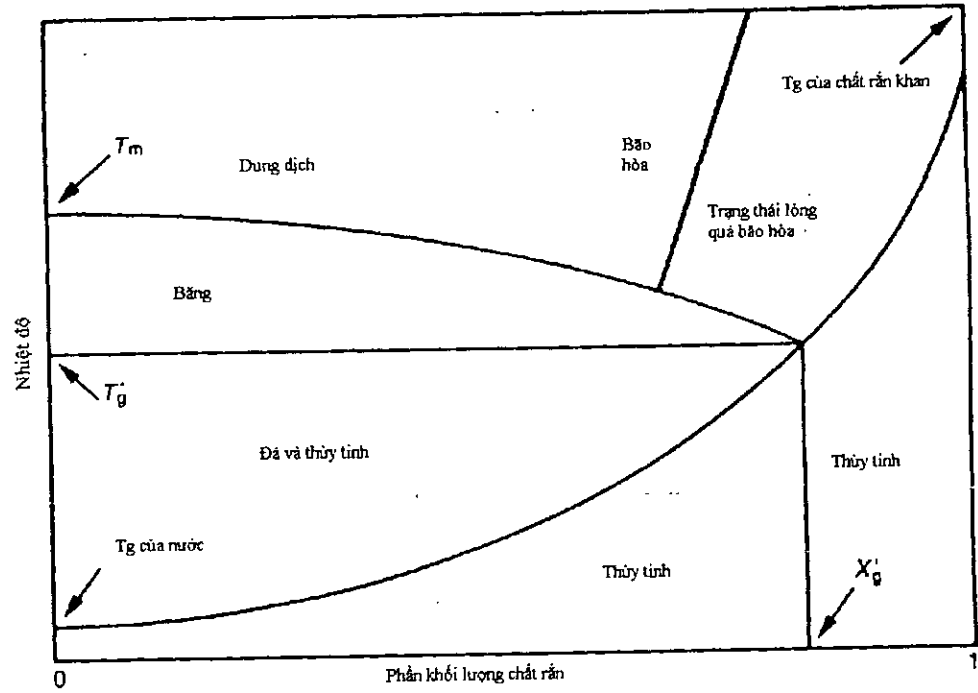
chất hòa tan trong
nước gồm có protein,
phần rất quan trọng,
là quản thực phẩm.

khí. Trong khi các
trạng thái rắn lại có
gel, đến rất cứng.
của thực phẩm từ

độ (gia nhiệt hay
điều kiện khác như
học, định nghĩa
thể hóa học μ tại
nghĩa là quá trình
đoạn tại nhiệt độ
entropy và thể tích.

protein, hồ hóa tinh
một nhiệt độ xác
khác nhau, do vậy,
được định nghĩa
sự gián đoạn tại

hiệt độ chuyển pha. Để hiểu được quá trình chuyển pha, điều quan trọng là phải xác định được nhiệt độ chuyển pha. Máy phân tích nhiệt vi sai (DSC) là thiết bị chuyên dụng để xác định nhiệt độ này. Sự chuyển pha gây ra biến đổi mạnh mẽ về cấu trúc của các sản phẩm thực phẩm. Trong đó sự chuyển pha thủy tinh ảnh hưởng đến tính chất cơ học của các thực phẩm ở trạng thái vô định hình, rồi đến lượt lại làm thay đổi tính chất cấu trúc của thực phẩm như độ dính, độ giòn, vỡ vụn, đóng bánh,...



Hình 10.3. Giản đồ chuyển pha trong thực phẩm.

10.2.1. Biến dạng dẻo

Các chất rắn có biến dạng dẻo theo hai dạng tuân theo định luật Hook và không tuân theo định luật Hook. Khi chịu tải, vật liệu sinh ra một lực cân bằng với ngoại lực. Ứng suất vuông góc với mặt chịu lực gọi là ứng suất pháp (σ) gây ra biến dạng ϵ . Ứng suất tiếp τ gây ra xê dịch γ trong mặt chịu lực, ứng suất ba chiều P gây ra biến đổi thể tích ($\Delta V / V$). Khi có quan hệ tuyến tính giữa ứng suất và biến dạng đàn hồi thì vật liệu thực phẩm được cho là tuân theo định luật Hook.

$$\sigma = E \cdot \epsilon \text{ (cho nén, kéo)}$$

$$\tau = G \cdot \gamma \text{ (cho xê dịch)}$$

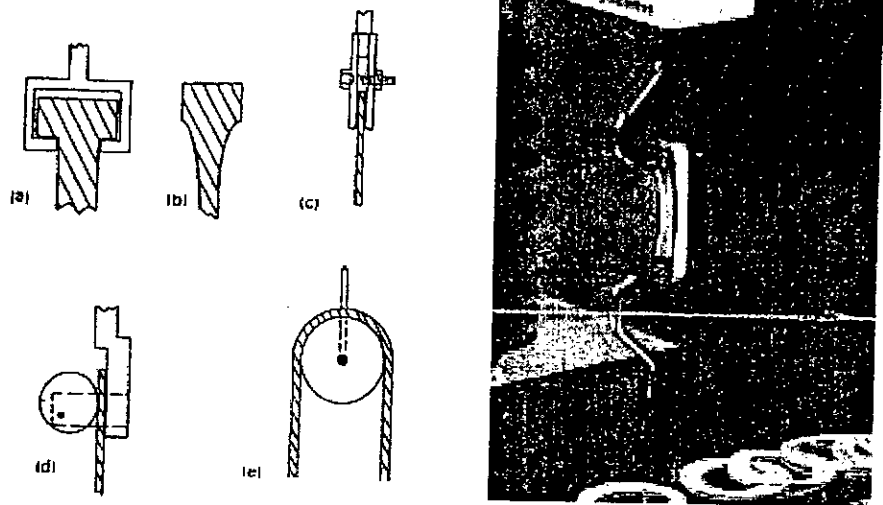
$$P = -K \cdot \Delta V / V \text{ (cho ép ba chiều)}$$

10.2.2. Tính nhớt dẻo

Rất nhiều thực phẩm thể hiện cả hai tính chất nhớt và dẻo và được coi là vật liệu có tính nhớt dẻo. Khái niệm nhớt dẻo này thường được dùng cho những thực phẩm đặc hoặc rắn, Biến đổi của các vật liệu này tuân theo mô hình của Maxwell lẫn Kelvin.

10.3. Các phép đo chính

10.3.1. Phép đo kéo giãn theo một trục



Hình 10.4. Các dạng đầu cặp của phép thử kéo giãn.

Đây là phép đo cổ điển nhất, lâu đời nhất trong phép đo cấu trúc. Một mảnh thực phẩm được giữ ở hai đầu và kéo ra xa khỏi nhau với một tốc độ không đổi. Ghi lại sự thay đổi về độ kéo giãn và lực tác dụng lên thực phẩm sẽ thu được đường cong lực – độ giãn dài.

10.3.2. Phép đo nén ép

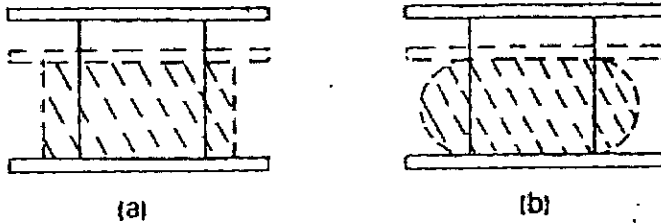
Đây là một trong những phương pháp phổ biến nhất trong phân tích cấu trúc thực phẩm để đo tính biến dạng của chúng. Thông thường, mẫu được nén trên một mặt phẳng nhẵn bằng một đầu đo phẳng hình trụ hoặc hình cầu. Lực đo được ghi lại là một hàm của biến dạng. Biến dạng ϵ và ứng suất σ được tính như sau:

được coi là vật liệu
chứng thực phẩm đặc
lần Kelvin.

$$\epsilon = \int_{H_0}^H dh/h = \ln(h/h_0)$$

$$\sigma = Fh / \pi r_0^2 h_0$$

Trong đó r_0 , h_0 là bán kính và chiều cao vật liệu ban đầu, h là chiều cao vật liệu khi nén.

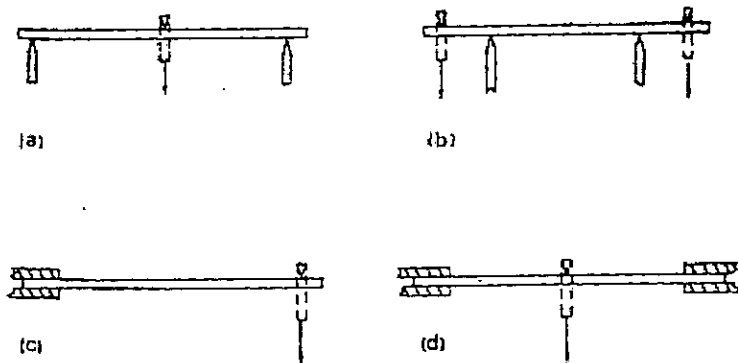


Hình 10.5. Quá trình nén của vật liệu hình trụ.

- a) Vật liệu bề mặt trơn hoàn hảo;
- b) Vật liệu bề mặt có ma sát.

10.3.3. Phép đo điểm uốn

Phép đo điểm uốn (bending) là một phép đo không gian, trong nhiều trường hợp được ưa chuộng hơn phép đo kéo giãn. Nếu mẫu vật liệu có độ cứng vừa phải dễ uốn hay mặt cắt hình tam giác thì khi tác động 1 lực nhất định vào vật liệu, độ uốn sẽ lớn hơn khi tác động bằng lực nén ép hay kéo giãn, vì vậy phép đo sẽ chính xác dễ dàng hơn. Có 4 phép đo điểm uốn như trình bày trong hình 10.6.



Hình 10.6. Các phép đo điểm uốn.

- a) Phép đo ba điểm;
- b) Phép đo bốn điểm;
- c) Phép đo uốn một đầu;
- d) Phép đo kép.

in.

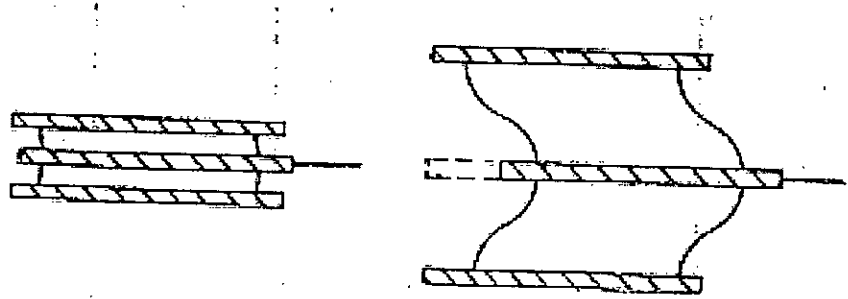
ric. Một mảnh thực
hồng đôi. Ghi lại sự
khuồng cong lực - độ

phân tích cấu trúc
nén trên một mặt
được ghi lại là một

Phép thử này được áp dụng cho các thực phẩm dễ gãy, dễ vỡ có dạng thanh hoặc miếng. Những sản phẩm này là những vật liệu có độ cứng cao nhưng độ dính thấp. Cookies là một ví dụ cho loại sản phẩm này.

10.3.4. Phép đo lực trượt

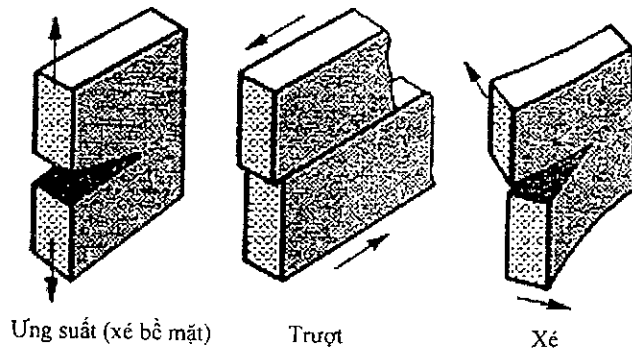
Trượt là sự xô dịch một phần mạng lưới tinh thể song song với phần còn lại trong mặt phẳng xô dịch và theo phương của ứng suất tiếp (phương trượt). Mặt trượt và phương trượt thường là mặt và phương có mật độ nguyên tử cao nhất. Đối với đo cấu trúc thực phẩm, có thể áp dụng lực trượt bằng việc đặt mẫu vật ở giữa hai tấm phẳng và kéo trượt. Một phương pháp tương tự là đặt hai mẫu thẳng đứng và ở giữa ba tấm trượt, sau đó tác dụng lực trượt và tấm ở giữa như hình 10.7.



Hình 10.7. Phép đo lực trượt kép.

10.3.5. Phép đo sự phá vỡ

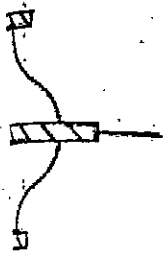
Có ba cách thức thể hiện sự phá vỡ vật thể gồm: 1) ứng suất hay xé bề mặt, 2) trượt, 3) xé.



Hình 10.8. Ba mô hình của phá vỡ/phá hủy.

vũ có dạng thanh hoặc
nhưng độ dính thấp.

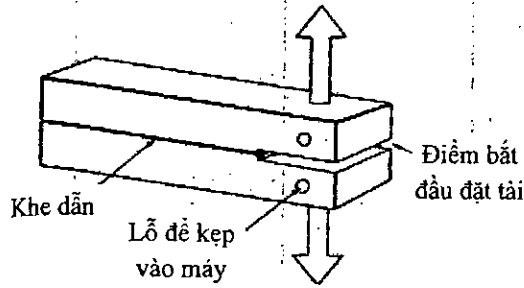
đang với phần còn lại
trượt). Mặt trượt và
nhất. Đối với đo cấu
giữa hai tấm phẳng và
ở giữa ba tấm trượt,



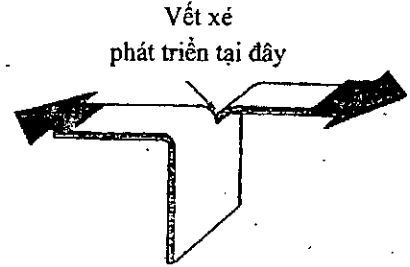
hay xé bề mặt,

Để xác định được sự phá hủy này, người ta áp dụng các phép đo sau:

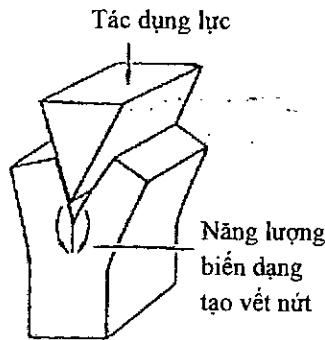
- Phép đo đặt tải - tháo tải.
- Phép đo độ bền xé.
- Phép đo phá hủy hình nêm.
- Phép đo lực cắt.



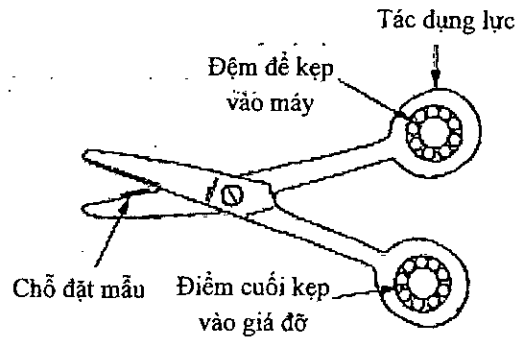
a) Phép đo đặt tải - tháo tải



b) Phép đo độ bền xé



c) Phép đo phá hủy hình nêm



d) Phép đo lực cắt

Hình 10.9. Các phép đo độ phá vỡ.

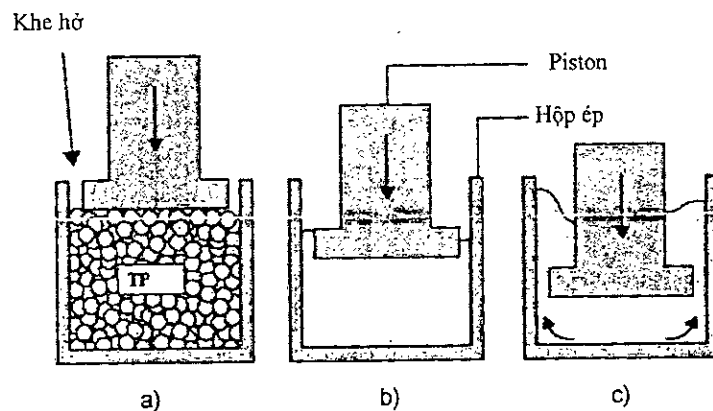
10.3.6. Phép thử đâm xuyên

Phép thử đâm xuyên là phép đo lực cần thiết để đẩy đầu đo chọc thủng hay xuyên qua thực phẩm. Phép đo phụ thuộc vào dụng cụ đo, đầu đo xuyên qua thực phẩm làm cho thực phẩm bị chảy hay nghiền và độ xuyên sâu giữ cố định. Các dụng cụ đo đâm xuyên là một trong những dụng cụ đo cấu trúc đơn giản nhất và sử dụng rộng rãi nhất. Các dụng cụ đo đâm xuyên đo lực lớn nhất và có thể phân loại thành dụng cụ đo một đầu đo hay nhiều đầu đo.

Phép thử đâm xuyên sẽ không có ý nghĩa khi có bất cứ một vết rạn, nứt trong mẫu hoặc khi đầu đo có đường kính bằng mẫu. Thông thường đường kính mẫu ít nhất là gấp ba lần đường kính đầu đo. Đối với thực phẩm dễ gãy vỡ cần có tỉ số lớn hơn. Không nên để các ảnh hưởng về góc, cạnh hay độ dày của mẫu tác dụng lên lực đâm xuyên. Trong phép thử đâm xuyên khi kích thước mẫu lớn hơn nhiều so với đầu đo thì dù mẫu có kích thước lớn hơn nữa cũng không có sự khác nhau về lực đâm xuyên.

10.3.7. Phép đo ép đùn

Loại phép thử này được áp dụng với các loại dung dịch nhớt, gel, chất béo, rau quả tươi và rau quả đã qua chế biến. Do sự ép đùn đòi hỏi thực phẩm phải chảy dưới áp suất nên phương pháp này được ứng dụng với các loại thực phẩm bị chảy hoàn toàn dưới tác dụng của ứng lực và không sử dụng cho các sản phẩm như bánh mì, bánh bông lan, bánh cookie, ngũ cốc và kẹo.



Hình 10.10. Giàn đồ đơn giản của một phép thử ép ngược.

- Piston đi xuống và bắt đầu tiếp xúc với bề mặt thực phẩm;
- Thực phẩm bị ép xuống và nước bị ép ra;
- Thực phẩm bị ép qua các khe hở.

Phép thử nén ép gồm hai lực tác dụng lên thực phẩm cho đến khi thực phẩm chảy qua lỗ thoát dưới dạng một hay nhiều khe rãnh hay lỗ hổng trong bộ phận đựng mẫu. Thực phẩm bị nén tới khi cấu trúc bị gãy, hư hỏng và bị đẩy qua các khe hở. Thông thường người ta đo lực lớn nhất cần thiết để đạt đến sự ép và sử dụng làm chỉ số chất lượng cấu trúc của thực phẩm.

Ưu điểm: Ưu điểm của phép thử ép đùn là dễ dàng tiến hành, nhanh chóng. Lực cần thiết để ép lúc ban đầu không phụ thuộc vào khối lượng mẫu thử nên không mất thời gian để cân từng mẫu. Nó cũng không bị ảnh hưởng bởi lượng nước tự do. Yêu cầu lau chùi sau mỗi lần sử dụng không cần tỉ mỉ và không cần thiết phải lau khô ngăn chứa mẫu.

vượt q
bảo xil
hở qua

10.4.

của thự
phẩm.
bằng cô

hiện bố
phân tic
MIT, đ
miêu tả
piston t
dạng thì
được là
ống rất
Vật liệu

Đ
hàm thờ
khoa họ
đại lượn
độ cứng,
TPA của
giá trị cả

T
động bởi
trong khi
trình nha
GF giảm
nó bắt đ
của mỗi

... vết rạn, nứt trong
... kính mẫu ít nhất
... có tỉ số lớn hơn.
... dụng lên lực đâm
... so với đầu đo thì
... lực đâm xuyên.

... gel, chất béo, rau
... phải chảy dưới áp
... bị chảy hoàn toàn
... như bánh mì, bánh



... khi thực phẩm
... bộ phận đựng
... qua các khe hở.
... dụng làm chỉ số

... nhanh chóng. Lực
... nên không mất
... nước tự do. Yêu
... lau khô ngăn

Nhuộc điếm: Nhuộc điếm của ngăn chứa mẫu là đòi hỏi mức độ lực lớn có thể vượt quá khả năng chịu lực của các máy phân tích thông thường. Thêm nữa phải đảm bảo xilanh đi xuống dưới phải ở vị trí chính giữa bộ phận chứa mẫu ép để bề rộng khe hở quanh chu vi là cố định.

10.4. Giới thiệu máy đo cấu trúc thực phẩm và phương pháp phân tích bộ cấu trúc thực phẩm TPA (Texture Profile Analysis)

Trong những thập kỷ gần đây, rất nhiều phương pháp đo đạc các đặc tính cơ học của thực phẩm đều nhằm mục đích phản ánh những giá trị cảm quan của cấu trúc thực phẩm. Trong số những phương pháp đó, phương pháp phân tích bộ cấu trúc (TPA) bằng công cụ là một phương pháp hữu hiệu được áp dụng một cách rộng rãi.

Việc sử dụng thiết bị đo các dạng cấu trúc của thực phẩm thông dụng được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu của Szczesniak, là nét đột phá chính trong phương pháp phân tích cấu trúc. Thiết bị này được cải tiến từ thiết bị đo có cấu trúc dạng bánh răng MIT, được thiết kế để mô phỏng các hoạt động nhai trong miệng con người và được miêu tả như một tấm đỡ một cánh tay linh hoạt gắn liền với máy đo dạng thẳng và một piston tác dụng lên mẫu, nén nó hai lần giống như hoạt động của quai hàm. Máy đo dạng thẳng đó ghi lại lực mà nó đã tác dụng trong biểu đồ của máy ghi. Piston có thể được làm theo 5 kích thước và được làm từ 3 loại nguyên liệu khác nhau. Kích thước ống rất đa dạng, có thể từ 2 đến 5 cm và tất cả các piston đều có chiều cao là 2,5 cm. Vật liệu sử dụng có thể là Lucite, nhôm hoặc đồng thau.

Đường cong tạo ra bởi máy đo cấu trúc GF chính là đồ thị lực cũng giống như hàm thời gian. Giải thích đường cong cấu trúc dựa trên cơ sở được thực hiện bởi nhà khoa học Szczesniak (1963). Đường cong này cho chúng ta biết 7 thông số cấu trúc, 5 đại lượng đo, và 2 cách tính từ một đại lượng đo. Các thông số được đặt tên như sau: độ cứng, độ dính kết, độ dẻo, độ dính, độ giòn, độ đàn hồi và độ đặc sệt. Các thông số TPA của các thực phẩm được lựa chọn có thể coi là có mối tương quan rất rõ giữa các giá trị cảm quan và giá trị đo được.

Tuy nhiên, thiết bị nén đo cấu trúc GF có một điểm bất lợi là piston được truyền động bởi cơ cấu lệch tâm, do đó tốc độ nén về cơ bản được mô tả theo hàm dạng $\sin(t)$, trong khi đồ thị ghi nhận sự chuyển động là hàm tuyến tính. Thiết kế để mô phỏng quá trình nhai của con người đã được mô hình hóa theo dạng sóng sin, thiết bị đo cấu trúc GF giảm tốc độ khi nó gần đạt đến điểm cuối của chu kỳ nén và dần tăng tốc trở lại khi nó bắt đầu chu kỳ chuyển động ngược lại. Tốc độ tối đa đạt được tại vị trí trung tâm của mỗi chu kỳ. Tuy nhiên dải đồ thị chuyển động tuyến tính với thời gian, vì thế đồ thị

được mô tả là mối quan hệ lực – thời gian mà không là lực khoảng cách. Hơn nữa diện tích tiếp xúc giữa mẫu và piston không phải là hằng số trong suốt quá trình thử nghiệm bởi vì trong thiết bị này thì piston di chuyển theo cung tròn, một cạnh của piston tiếp xúc với mẫu trước tiên rồi cứ thế tiếp tục di chuyển xuống và diện tích của piston ép lên mẫu tăng cho đến khi toàn bộ diện tích của piston tiếp xúc với mẫu ở điểm kết thúc của chu kỳ đi xuống.

Hệ thống máy Instron Universal Testing Machine cũng là hệ thống thiết bị đo cấu trúc thực phẩm, được cho là công cụ tốt để đo các thông số TPA hơn là dùng máy đo cấu trúc GF (GF Texturometer) bởi các lý do chính sau:

– Tốc độ nén của Instron luôn ổn định trong suốt chu kỳ đi xuống. Sự đổi chiều ngay sau đó của quá trình nén ở điểm cuối của bite kết quả đầu tiên trong đường cong thu được.

– Piston chuyển động thẳng hoàn toàn, do đó diện tích tiếp xúc giữa Piston và mẫu là không đổi trong suốt quá trình nén, bề mặt của mẫu thu được là phẳng và không có sự suy giảm bề mặt chung.

– Đồ thị của Instron cũng cho biết mối quan hệ lực – thời gian theo đường cong khác với máy đo cấu trúc (Texturometer), bởi vì đồ thị và mô tơ chuyển động là đồng bộ với nhau, cho nên có thêm đường cong quan hệ lực – khoảng cách. Vì thế mà vùng đường cong Instron có cả đường cong quan hệ lực – thời gian và đường cong lực – khoảng cách, do đó các giá trị đo được là chính xác.

Năm 1978, nhà khoa học Bourne đã liệt kê 7 thông số cấu trúc có thể đo đạc được bằng máy đo cấu trúc thực phẩm:

(1) Fracturability (trước đây gọi là độ giòn) được định nghĩa là “lực tại điểm đầu tiên trên đường cong phá vỡ”, bởi vì hiện tượng phá vỡ có thể quan sát được có liên quan đến toàn bộ cấu trúc của mẫu, cho nên nó cần phải được chỉ rõ như là sự thay đổi các điểm uốn trên đường cong.

(2) Hardness (độ cứng) được định nghĩa là peak của lực trong chu trình nén đầu tiên.

(3) Cohesiveness (độ kết dính) được định nghĩa là tỷ lệ giữa vùng lực dương trong quá trình nén thứ hai và quá trình nén thứ nhất (vùng 2/vùng 1), bao gồm cả những vùng phía dưới quá trình giải nén trong mỗi chu trình.

(4) Adhesiveness (độ dính) được định nghĩa là vùng lực âm trong lần nén đầu tiên, mô tả công cần thiết để kéo piston ra khỏi mẫu thực phẩm.

(5) Springiness (trước kia gọi là độ đàn hồi) được định nghĩa là độ cao mà thực phẩm có thể lấy lại được trong thời gian diễn ra từ khi kết thúc lần nén đầu tiên cho đến khi bắt đầu lần nén thứ hai.

ng cách. Hơn nữa diện
 quá trình thử nghiệm
 cạnh của piston tiếp
 diện tích của piston ép
 mẫu ở điểm kết thúc

hệ thống thiết bị đo
 PA hơn là dùng máy

trường. Sự đổi chiều
 trong đường cong

xúc giữa Piston và
 là phẳng và không

theo đường cong
 tuyến động là đồng
 th. Vì thế mà vùng
 đường cong lực -

túc có thể đo đặc

lực tại điểm đầu
 sát được có liên
 như là sự thay đổi

ng chu trình nén

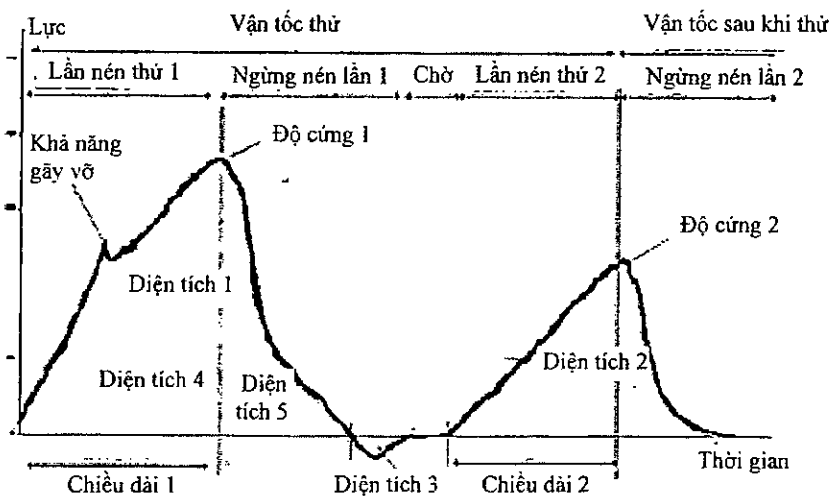
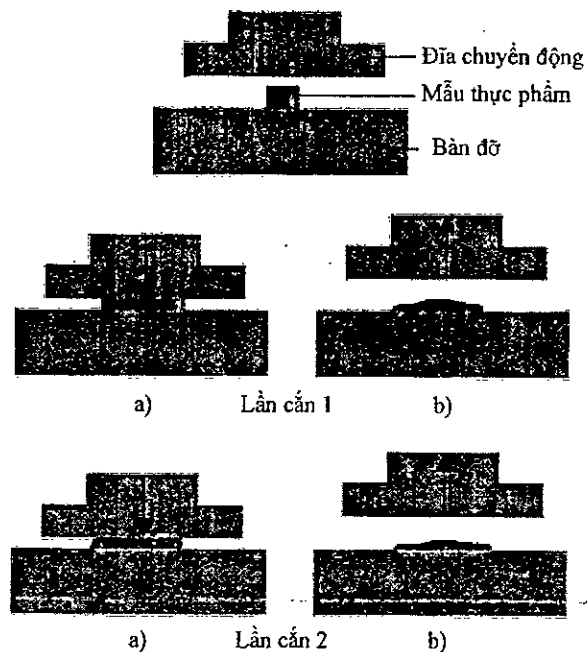
vùng lực dương
 (1), bao gồm cả

ng lần nén đầu

độ cao mà thực
 ưu tiên cho đến

(6) Gumminess (lực cắn) được định nghĩa là tích của độ cứng và độ kết dính.

(7) Chewiness (lực nhai) được định nghĩa là tích của Gumminess và độ đàn hồi
 (cũng bằng tích của độ cứng, độ kết dính và độ đàn hồi).



Hình 10.11. Giản đồ điển hình của đo cấu trúc, (từ trái qua phải, với peak A_1 của lần cắn thứ nhất, A_2 của lần cắn thứ hai).

Phương pháp của Bourne là nền tảng cơ sở cho tất cả nghiên cứu TPA bằng công cụ trong thực tế sau này sử dụng máy đo cấu trúc.

Cho đến bây giờ, công nghệ đồ họa dạng số hay các dạng giao diện tương tự trên máy tính được đưa vào máy ghi đồ thị (Summagraphic Dizitizer of Similarly Iterfaced to a computer). Nhờ đó, cho phép người vận hành điều khiển điểm trên đường cong TPA và ghi lại tọa độ X, Y của nó nhờ máy tính, đo được các khoảng cách và diện tích cần thiết để thu được đầy đủ các thông số cấu trúc. Các máy đo cấu trúc hiện đại như máy phân tích cấu trúc TA – XT2 (SMS) được trợ giúp với công nghệ máy tính hiện đại tạo ra tính linh hoạt cao, có thể tiến hành kiểm tra TPA và thu được đầy đủ thông số TPA trực tiếp bằng cách sử dụng phần mềm, mà không cần phải lựa chọn trước các giá trị trên đường cong để tính toán. Tuy nhiên, tùy thuộc vào loại mẫu, tự động hóa không phải lúc nào cũng thích hợp. Trong tất cả các trường hợp, cần có sự hiểu biết sâu sắc các tính chất vật lý cơ bản của các thông số sẽ tránh được những sai sót trong kết quả.

Bảng 10.1. Các đơn vị của 7 thông số cấu trúc

<i>Thông số cơ học</i>	<i>Giá trị thể hiện</i>	<i>Đơn vị</i>
Độ cứng	Lực	$g.cm.s^{-2}$
Độ cô kết	Tỷ lệ	Không có đơn vị
Độ dính	Công	$g.cm^2.s^{-2}$
Độ đàn hồi	Khoảng cách	Cm
Độ gãy vỡ	Lực	$g.cm.s^{-2}$
Lực cắn	Lực	$g.cm.s^{-2}$
Lực nhai	Công	$g.cm^2.s^{-2}$

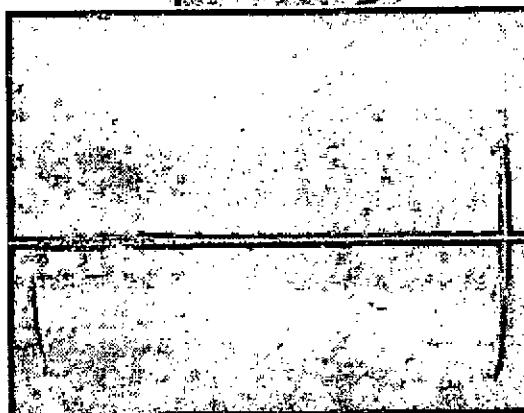
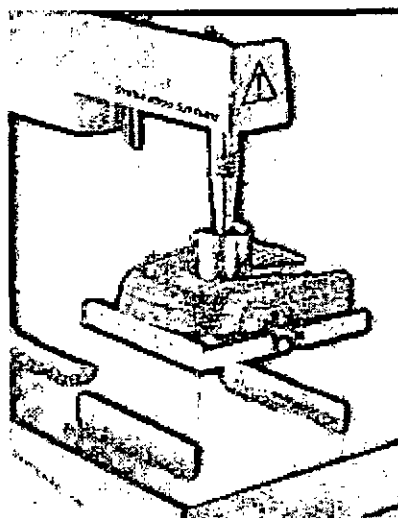
10.5. Phương pháp đo các tính chất lưu biến của thực phẩm bằng các thiết bị chuyên dụng

10.5.1. Một số phương pháp đo theo tiêu chuẩn của Hiệp hội ngũ cốc (AACC– Association of Cereal Chemists)

10.5.1.1. Phương pháp đo độ cứng, độ mềm của ruột bánh gato, bông lan

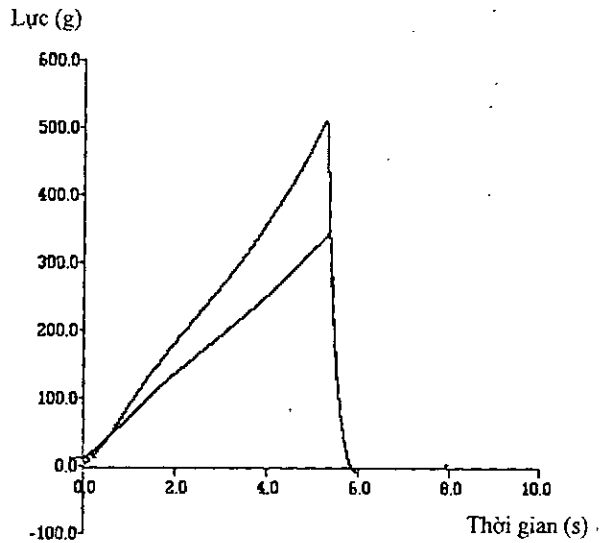
* Nguyên tắc

Xác định cấu trúc bánh dựa trên lực nén tác động lên sản phẩm bằng đầu đo hình trụ AACC 36mm (P/36R).



Hình 10.12. Cách đo và đầu đo độ cứng ruột bánh mì theo phương pháp chuẩn của AACC.

Trước khi tiến hành thí nghiệm, phải cài đặt và hiệu chỉnh thông số của máy sử dụng phép đo % lún để cài đặt đầu đo đến bề mặt đo. Hãy quy định và cài đặt một khoảng cách nhất định từ đầu đo đến bề mặt mà đầu đo phải chạm đến rồi cho đầu đo chạy không tải đến vị trí đó. Sau khi cài đặt, đặt mẫu bánh vào chính giữa giá đỡ sao cho đầu đo nằm chính giữa tâm của lát cắt rồi tiến hành đo.



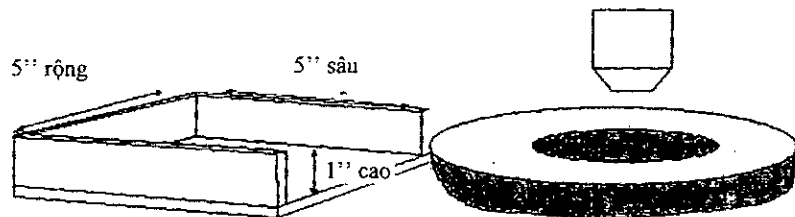
Hình 10.13. Đồ thị đo độ cứng ruột bánh mì theo phương pháp AACC.

Ghi lại lực tại đỉnh chính là lực thể hiện độ cứng của ruột bánh mì. Mỗi lần đo 5 cái bánh.

10.5.2. Một số phương pháp đo theo tiêu chuẩn của Viện Bánh Hoa kỳ (AIB – American Institute of Baking)

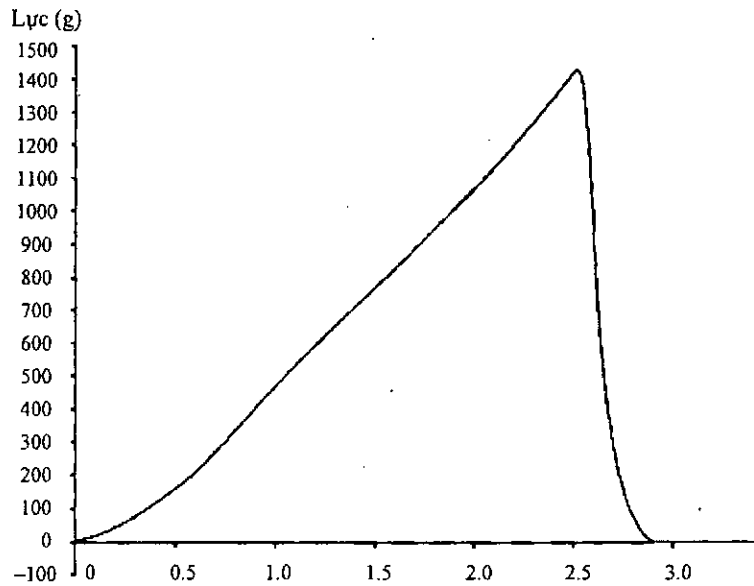
10.5.2.1 Xác định độ cứng của bagel

Sau khi nướng, bánh Bagel được làm nguội trong 1 giờ ở nhiệt độ phòng và đo bằng đầu đo đường kính 18 mm như hình vẽ. Sản phẩm thường được đo ở ngày 1, 3, 7 sau khi nướng. Mỗi 1 ngày, khoảng 5 chiếc bagel được đưa đi cắt lát sao cho chiều dày của lát cắt là 1 inc (dùng khuôn cắt như hình vẽ để đảm bảo chiều dày của các lát cắt đều như nhau là 1 inc). Đo 3 trong 5 cái bánh, mỗi cái đo từ 3 đến 5 lát để thu được 15–25 đồ thị trong 1 ngày đo.



Hình 10.14. Mô hình đo bánh Bagel.

của máy sử
cài đặt một
cho đầu đo
giá đỡ sao



Hình 10.15. Độ cứng của bánh Bagel theo phương pháp của AIB.

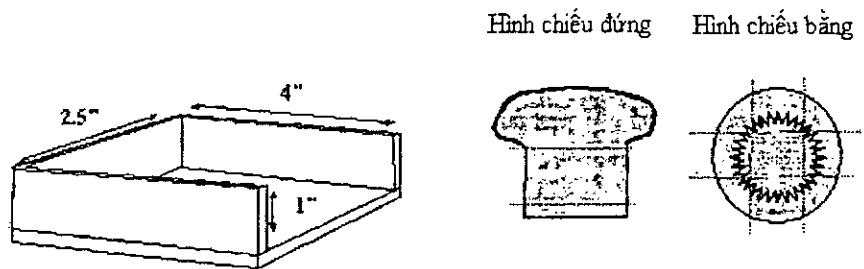
- Tiến hành đo: Mỗi 1 lát bánh được đặt vào giữa giá đỡ và chính dưới đầu đo. Ghi lại lực cao nhất làm biến dạng bagel chính là độ cứng của bánh. Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình của các lần đo.

Phương pháp này là một trong những phương pháp phổ biến để đo sản phẩm bánh bằng máy TA.XT2 và đã được phát triển bởi Viện Nghiên cứu thử nghiệm Bánh của Mỹ ở bang Kansas.

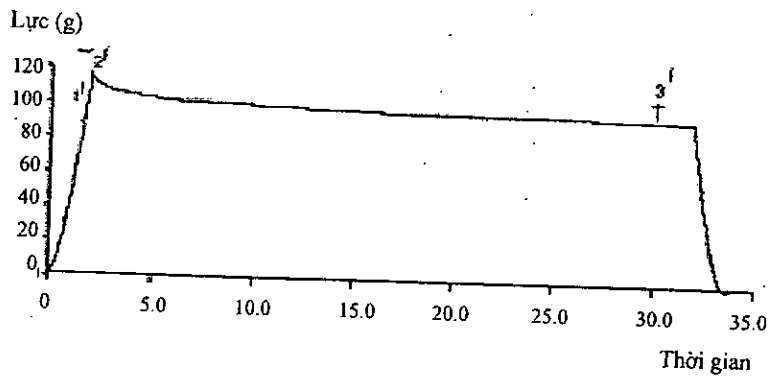
10.5.2.2. Xác định độ cứng và độ đàn hồi của bánh Muffin

Độ cứng của Muffin được tính bằng lực nén tác dụng lên sản phẩm trong một khoảng cách đã định trước.

+ Độ đàn hồi của Muffin là % biến dạng được tính bằng tỉ lệ giữa lực nén tác động tại điểm nhả lực và điểm kết thúc.



Hình 10.16. Mô hình đo bánh Muffin.



Hình 10.17. Độ cứng và độ đàn hồi của bánh Muffin theo phương pháp của AIB.

10.5.3. Một số phép đo đặc trưng cho các sản phẩm giàu protein (thịt, cá) thực hiện trên thiết bị đo kết cấu Texturer Analyser TA.HD. Plus

10.5.3.1. Đo lực cắt xé sản phẩm thịt chân giò muối (ham) đóng hộp – loại nguyên miếng và loại có cấu trúc nhiều miếng bằng dụng cụ dao cắt HDP/KS5 Kramer gồm 5 lưỡi dao

Giới thiệu loại hệ dao cắt HDP/KS10 và HDP/KS5 Kramer

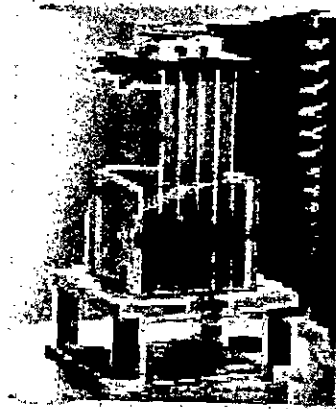
Dụng cụ cắt xé HDP/KS10 Kramer gồm hai loại với loại gồm 10 cánh lưỡi dao được sử dụng khi tải ứng dụng lớn hơn 25 kg. Các HDP/KS5 với 5 cánh lưỡi dao được sử dụng khi tải dụng lực thấp hơn. Loại dụng cụ cắt Kramer được sử dụng cho các sản phẩm gồm nhiều phần tử như ngũ cốc, dưa chua trong nước sốt cũng như với trái cây, rau quả như đậu Hà Lan và đậu. Phương pháp này là sự đánh giá kết hợp các nguyên tắc của nén, cắt và đùn qua một khe (hình 10.18 a và b).

Loại dao cắt này cũng rất phù hợp với các sản phẩm có kết cấu biến đổi, ví dụ như thịt, bánh ngũ cốc. Với những sản phẩm này, thu được kết quả là một “lực cắt trung bình”.

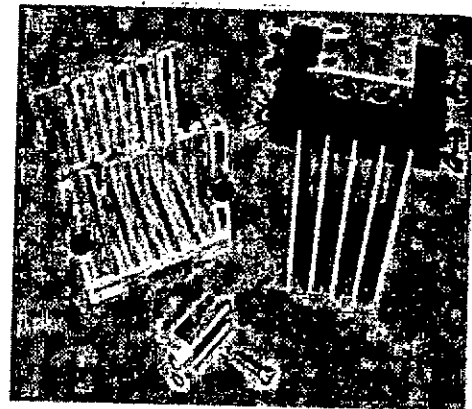
Nhiệt độ hoạt động tối đa: 100 °C

Tải nén ứng dụng tối đa: 300 kg

Tải ứng sức căng tối đa: 5 kg

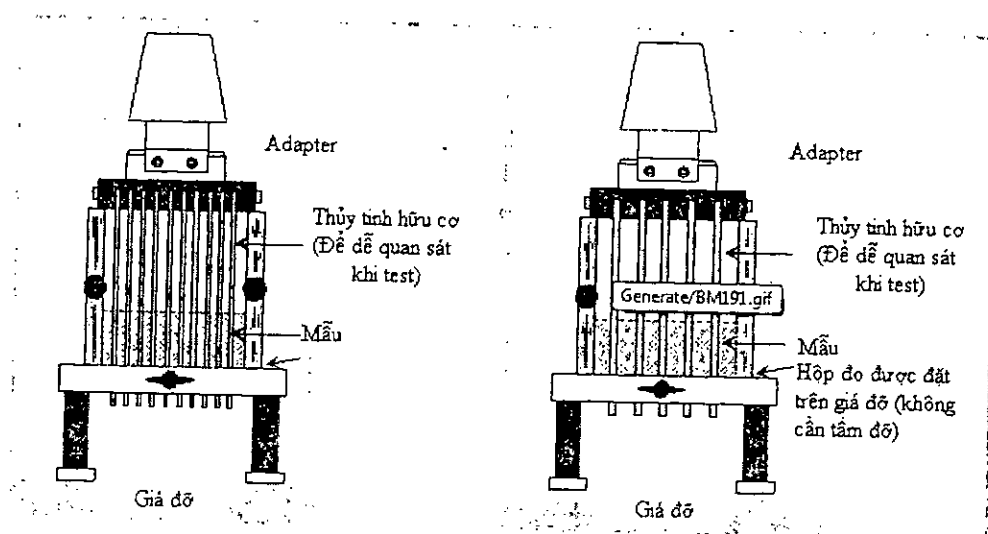


Hình 10.18a. Dụng cụ cắt xé HDP/KS5 Kramer (gồm 5 cánh lưỡi dao).



Hình 10.18b. Các bộ phận của dụng cụ cắt HDP/KS5 Kramer.

Hoạt động của đầu đo HDP/KS10 và HDP/KS5 Kramer được thể hiện như ở hình 10.19.



Hình 10.19. Quá trình thực hiện cắt xé mẫu thực phẩm với hai loại dụng cụ cắt xé HDP/KS10 Kramer và HDP/KS5 Kramer

10.5.3.2. Đo lực cắt xé sản phẩm thịt chân giò muối (ham) đóng hộp – loại nguyên miếng và chân giò bằng dụng cụ dao cắt HDP/KS5 Kramer gồm 5 lưỡi dao

Lựa chọn các thông số trên máy đo cấu trúc TA.HD Plus như sau:

Cài đặt:

- Loại phép đo: đo lực nén ép
- Lựa chọn: quay về vị trí ban đầu

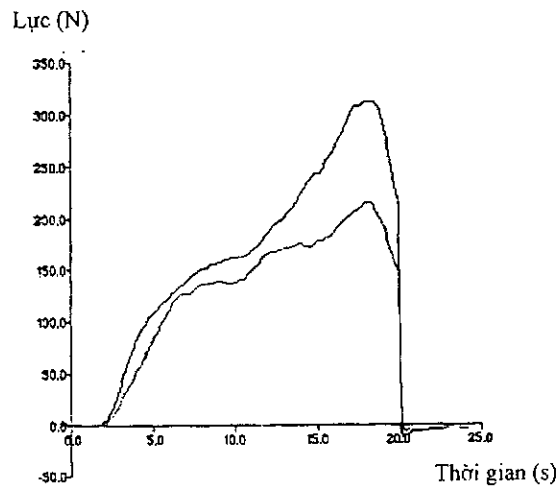
- Tốc độ trước khi đo: 2 mm/s
- Tốc độ đo: 2 mm/s
- Tốc độ sau đo: 10 mm/s
- Khoảng cách: 40 mm
- Trigger type: tự động
- Loại tare: tự động
- Tốc độ đọc dữ liệu: 200 pps

Chuẩn bị mẫu:

Thu thập mẫu và giữ ở nhiệt độ kiểm soát 5 °C. Cắt thịt thành nhiều phần có kích thước bằng nhau để cho kết quả chính xác.

Sau khi các lưỡi dao tác động lên bề mặt mẫu, sau đó là quá trình cắt xé các mẫu bắt đầu. Độ sâu thâm nhập lực được tăng lên đến khoảng cách nén xác định (thường 40 mm theo thông số khoảng cách lựa chọn). Tại thời điểm này giá trị hiệu lực tối đa có đo được thường liên quan đến *độ cứng/độ dẻo dai* của mẫu. Tính toán diện tích dưới đường cong có thể coi là giá trị của *độ cứng/độ rắn chắc*. Trong một số trường hợp mẫu không đồng nhất ở mỗi một khu vực, do vậy phép đo nhiều lưỡi dao này sẽ cho một giá trị lực trung bình tối đa.

Kết quả cho thấy rằng chân giò muối (ham) nguyên miếng (formed ham) đòi hỏi một lực cắt lớn hơn để cắt so với chân giò muối gồm nhiều miếng. Nguyên nhân là do chân giò muối nhiều miếng đã bị mất tính toàn vẹn nguyên khối, trong khi đó các sợi thịt của mẫu nguyên miếng có sự liên kết ràng buộc khối thịt với nhau (hình 10.20).



Hình 10.20. Đồ thị lực cắt xé (shearing force) của hai mẫu chân giò muối có cấu trúc nguyên miếng (màu xanh) và chân giò có cấu trúc nhiều miếng (màu đỏ) đều có kích thước (40 x 40 x 70) mm tại 5 °C.

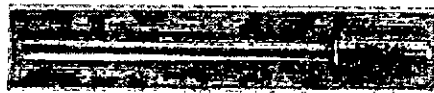
Kết quả đánh giá và so sánh cấu trúc về mức độ liên kết và rắn chắc của hai loại chân giò muối (ham) thể hiện như ở bảng 1 sau:

Bảng 10.1. Kết quả giá trị lực tối đa trung bình thu được từ 10 mẫu (mỗi mẫu) bằng HDP/KS5 Kramer gồm 5 lưỡi dao

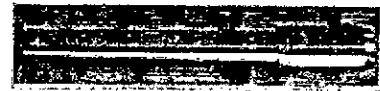
Mẫu	Lực cắt lớn nhất (Shear force) – (N)
Chân giò muối nguyên miếng (Formed ham)	297,4 ± 21,9
Chân giò muối nhiều miếng (Preformed ham)	225,6 ± 15,8

*10.5.3.3. Đo độ rắn chắc cấu trúc của paté bằng đầu đo hình trụ đường kính 10 mm
Các loại đầu đo hình trụ (cylinder probes)*

Một tập hợp các đầu đo bao gồm các đầu đo hình trụ đáy phẳng có đường kính từ 2 mm đến 50 mm, các đầu đo nén dạng đĩa đường kính 75 và 100 mm và các đầu đo dạng bán hình cầu để thử nghiệm một loạt các mẫu. Các đầu đo hình trụ được sử dụng để đo độ nén, độ đâm thủng và độ xuyên qua vào khối gel của pectin, của sữa chua và của bơ thực vật để đánh giá độ cứng, độ rắn chắc hay dẻo dai của sản phẩm. Trong khi đo độ đâm thủng, cả lực nén và lực cắt đều được đo. Kết quả cũng cho phép xác định được đặc tính nhớt – dẻo, độ đồng nhất, sự giãn ứng suất, độ dẻo và độ nhớt.



Đầu đo P/5



Đầu đo P/6

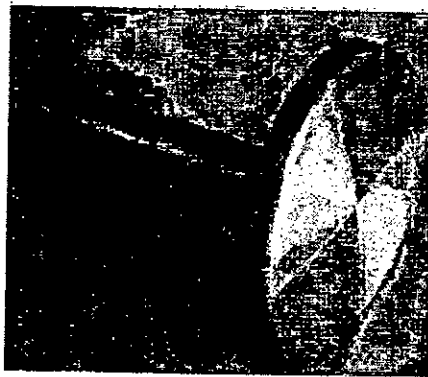


Đầu đo P/20P



Đầu đo P/20

Hình 10.21. Các loại đầu đo hình trụ ứng dụng trong phép đo nén kết hợp đâm xuyên.



Đầu đo p/75



Đầu đo P/100

Hình 10.22. Đầu đo dạng đĩa nén.

Sự nén:

– Đầu đo nén dạng đĩa có đường kính lớn được sử dụng để đo lực nén trực tiếp trên các mẫu mà không kê đến bề mặt, ví dụ cho các sản phẩm chứa nhiều không khí, chocolate dạng chip, hay bánh mì có độ nở bởi không khí.

– Để kiểm tra sự giãn (độ dẻo, độ đàn hồi) thì toàn bộ mẫu được đặt dưới một đầu đo nén.

Sự đâm xuyên:

– Một đầu đo hình trụ nhỏ hơn thường làm giảm lực đo nếu một phép đo vượt quá tải công suất, ví dụ như với kẹo cứng.

– Trường hợp mẫu có bề mặt và kích thước không đồng nhất, phép đo độ đâm xuyên sẽ khắc phục được điều này, ví dụ như đo độ cứng chắc của một quả táo.

Đo độ rắn chắc các mẫu pate bằng đầu đo hình trụ P/10

Lựa chọn các thông số trên máy đo cấu trúc TA.HD Plus như sau:

Cài đặt:

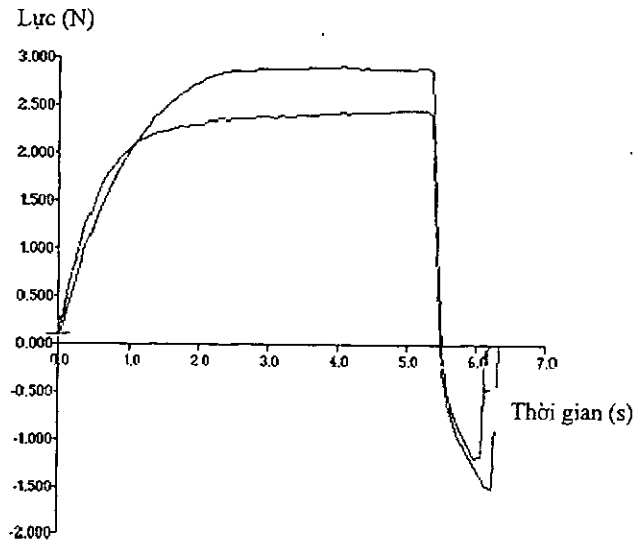
- Loại phép đo: đo lực nén ép
- Lựa chọn: quay về vị trí ban đầu
- Tốc độ trước khi đo: 1,5 mm/s
- Tốc độ đo: 1,5 mm/s
- Tốc độ sau đo: 10 mm/s
- Khoảng cách: 8 mm
- Trigger type: tự động
- Loại tare: tự động
- Tốc độ đọc dữ liệu: 200 pps.

Chuẩn bị mẫu:

Giữ các mẫu ở nhiệt độ lựa chọn, thường ở 5 °C và nên giữ liên tục ở nhiệt độ này để so sánh.

Sau khi đầu đo chuyển động tiếp xúc lên bề mặt mẫu sau đó thâm nhập vào sâu 8 mm trong mẫu. Tại thời điểm này, giá trị lực tối đa ghi được sẽ đánh giá độ rắn chắc của mẫu. Đầu đo sau đó rút khỏi mẫu ở tốc độ tối đa.

Kết quả cho thấy các sản phẩm pate không có chất béo đòi hỏi một lực lớn hơn để đâm xuyên và do đó có một cấu trúc rắn chắc hơn so với mẫu có chất béo. Kết quả đánh giá thể hiện ở hình 10.23.



Hình 10.23. Lực đâm xuyên đánh giá độ rắn chắc các mẫu pate có bổ sung chất béo (màu xanh) và bổ sung ít chất béo (màu đỏ) ở 5 °C.

Bảng 10.2.

Mẫu Pate	Lực lớn nhất (độ rắn chắc) – (N)
Có chất béo	2,23 ± 0,11
Đã khử bớt béo	2,95 ± 0,05

Ghi chú:

Có thể điều chỉnh cho độ đâm xuyên sâu hơn vào mẫu, điều này sẽ làm tăng giá trị độ rắn chắc cho sản phẩm. Khi tăng khoảng cách đâm xuyên, phải xem xét cẩn thận và không được vượt quá 75% độ sâu của mẫu.

ở nhiệt độ

áp vào sâu
bộ rắn chắc

lớn hơn
Kết quả

khát béo

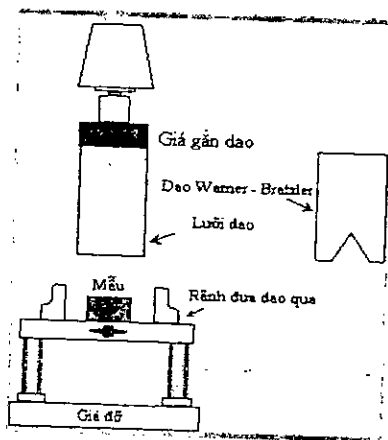
đăng giá
cẩn thận

10.5.3.4. Đo lực cắt cho hog dogs (bánh mì kẹp xúc xích) sử dụng dao cắt Warner-Bratzler

Dao cắt loại Warner-Bratzler

Bộ dao Warner Bratzler gồm một lưỡi dao có thể xoay đảo ngược, một đế và một rãnh. Lưỡi dao đảo ngược có thể là một lưỡi dao có cạnh đáy phẳng hoặc lưỡi có hai cạnh để chém tạo với nhau một góc 60 °C (hình 10.24).

Warner Bratzler ban đầu được sử dụng trên các sản phẩm thịt. Tuy nhiên, các ứng dụng hiện nay có thể áp dụng cho xúc xích, pho mát, trái cây, rau và các sản phẩm đòi hỏi phải cắt hoặc cắt xé.



Hình 10.24. Lưỡi dao kiểu Warner-Bratzler để đo lực cắt (cutting force).

Lựa chọn các thông số trên máy đo cấu trúc TA.HD Plus như dưới đây:

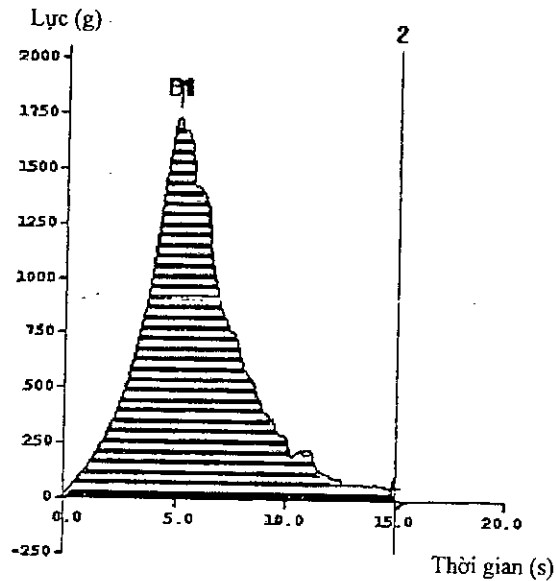
Cài đặt:

- Loại phép đo: Đo lực nén ép
- Lựa chọn: quay về vị trí ban đầu
- Tốc độ trước khi đo: 2 mm/s
- Tốc độ đo: 2 mm/s
- Tốc độ sau đo: 10 mm/s
- Khoảng cách: 30mm
- Trigger type: tự động
- Loại tare: tự động
- Tốc độ đọc dữ liệu: 200 pps

Chuẩn bị mẫu: Mẫu được lấy ra khỏi bao bì và giữ ở nhiệt độ 5 °C

Khi lực tác động đạt được, lưỡi dao tiến hành cắt qua mẫu. Lực tối đa tại thời điểm mà mẫu hoàn toàn lấp đầy khoang hình tam giác của lưỡi dao và cắt qua bề mặt mẫu. Sau thời điểm này vẫn tiếp tục cắt trong suốt toàn bộ mẫu cho đến khi lưỡi dao đi qua khe hở của đế. Lưỡi dao sau đó trở về vị trí bắt đầu của nó. Kết quả cho thấy Chorizos yêu cầu lực lớn hơn và tổng số năng lượng để cắt. Việc phá vỡ các sợi cơ và mô liên kết đòi hỏi năng lượng lớn hơn nhiều so với việc phá vỡ cấu trúc của sản phẩm được xay nhuyễn như xúc xích frankfurters.

Kết quả đánh giá lực cắt (cutting force) của sản phẩm hog dogs thể hiện ở hình 10.25 và bảng 10.3 dưới đây:



Hình 10.25. Đường cong đo lực cắt xúc xích đóng gói chân không bảo quản ở 5 °C bằng dao Warner-Bratzler.

Bảng 10.3. Kết quả đánh giá lực cắt mẫu hog dogs (5 mẫu) và cho giá trị lực tối đa trung bình sau đây

Mẫu Hog dog	Lực lớn nhất (độ rắn chắc) – (g)
	1713,0 +/- 117,9

Vì cấu trúc của nhũ tương thịt nấu chín có thể bị ảnh hưởng bởi các điều kiện chế biến, đặc biệt là chế độ nấu, thành phần của nó, loại protein thịt, tỷ lệ chất béo, hàm lượng muối ăn, độ ẩm và các thành phần phụ gia khác.

5 °C
 Lực tối đa tại thời
 và cắt qua bề mặt
 đến khi lưỡi dao đi
 Kết quả cho thấy
 bị vỡ các sợi cơ và
 trúc của sản phẩm
 có thể hiện ở hình

quản ở 5 °C



các điều kiện
 chất béo, hàm

Hành động cắn được coi như là cơ sở của nhiều thiết bị được thiết kế để trợ giúp một biện pháp liên quan với đánh giá con người. Cắn là phổ biến nhất hay hệ thống cắn để đánh giá thịt và sản phẩm thịt là cắn Warner – Bratzler.

10.5.3.5. Đo lực cắt xúc xích frankfurt và chorizo sử dụng dao cắt Warner-Bratzler

Cài đặt:

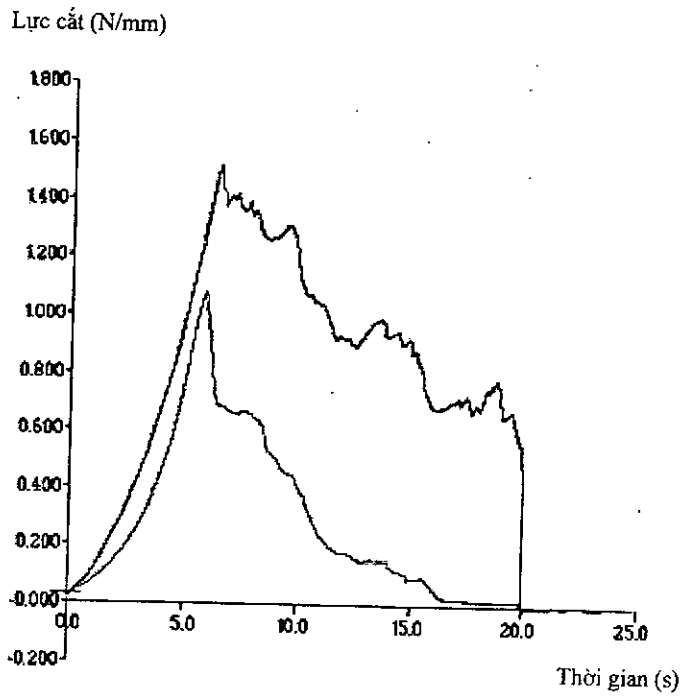
- Loại phép đo: Đo lực nén ép
- Lựa chọn: quay về vị trí ban đầu
- Tốc độ trước khi đo: 1,5 mm/s
- Tốc độ đo: 1,5 mm/s
- Tốc độ sau đo: 10 mm/s
- Khoảng cách: 8 mm
- Trigger type: tự động
- Loại tare: tự động
- Tốc độ đọc dữ liệu: 200 pps.

Kết quả thu được từ 10 mẫu (của từng loại mẫu) cho các lực tối đa trung bình và diện tích vùng tác động lực như sau:

Mẫu	Lực lớn nhất (độ rắn chắc) -(N/mm)	Diện tích vùng lực cắt/độ cứng (N/mm s)
Frankfurter	1,26 ± 0,11	6,5 ± 0,5
Chorizo	1,67 ± 0,14	17,0 ± 1,8

Vì cấu trúc của nhũ tương thịt nấu chín có thể bị ảnh hưởng bởi các điều kiện chế biến, đặc biệt là chế độ nấu, thành phần của nó, loại protein thịt, tỷ lệ chất béo, hàm lượng muối ăn, độ ẩm và các thành phần phụ gia khác.

Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả cắn Warner Bratzler là: tính đồng nhất của kích thước mẫu, hướng của các sợi cơ, sự có mặt của mô liên kết và thành phần chất béo, nhiệt độ mẫu và tốc độ cắn.



Hình 10.26. Đường cong biểu diễn lực cắt của xúc xích frankfurter (màu xanh) và chorizo (màu đỏ) ở 5 °C.

10.5.3.6. Đo độ rắn chắc của các loại surimi (gel protein cá) sử dụng đầu đo hình cầu

Đầu đo hình cầu

Bốn loại đầu đo hình cầu với đường kính từ 0,25 " – 1" (6,25 – 25,4 mm) được sử dụng để đo độ rạn vỡ (fracturability) của khoai tây chiên giòn (gọi là chip) và các sản phẩm ăn nhẹ khác cũng như để đánh giá vết lõm trên vật liệu đóng gói.

Đo độ rắn chắc các mẫu surimi bằng đầu đo hình cầu

Chuẩn bị mẫu:

Cắt các mẫu surimi với đường kính không đổi, ví dụ với đường kính 32 mm, chiều cao 25 mm.