الفصل الثامن

إستخدام الترشيح بالأغشية فى إنتاج الجبن
Application of membranes filtration in production of cheese

١- مقدمة

بدأ فى أواخر السبعينات الأستفادة من طرق الفصل بالأغشية membrane separation فى مجال الألبان والتى أحدثت ثورة كبيرة فى صناعة الجبن من خلال استخدام الترشيح الفائق ultrafiltration (UF) حيث تم فى عام ١٩٨٩ تصنيع أكثر من ٤٠٠,٠٠٠ طن جبن بأستخدام UF . منذ ١٩٦٩ دخل استخدام الأغشية مجال إنتاج الجبن (الجبن الطازج ، الطرى ، نصف الجاف والجاف من ألبان البقر ، الماعز ، الغنم والجاموس) ، إنتاج ألبان مجففة بصفات جيدة لصناعة الجبن ، أستعادة قابلية الألبان المعاملة بالحرارة الشديدة الأرتفاع UHT للتجبن المنفحة ، تركيز اللبن فى المزارع (مناطق الإنتاج) ، إزالة البكتريا من لبن الجبن بالترشيح الدقيق microfiltration (MF) وتدعيم لبن الجبن بالكازين بأستخدام MF . فتحت تكنولوجيا الأغشية خلال ٢٠ سنة الأخيرة قنوات جديدة لتحسين الطرق التقليدية لصناعة الجبن مما أدى إلى تحسين الجودة الكلية لعدد من أنواع الجبن وكذلك زيادة العائد من تحويل اللبن إلى جبن . كما ساعدت هذه التكنولوجيا على أستمرار تواجد بعض أنواع من الجبن التى تحتاج إلى عمالة كثيرة عند أستخدام الطرق التقليدية كما أدت أيضاً إلى إنتاج جبن جديدة لتلبية رغبات المستهلكين .

٢- طرق الترشيح بالأغشية

تختلف طرق الترشيح بالأغشية فى درجة كفاءتها فى فصل مكونات اللبن ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى ٣ أقسام طبقاً لحجم جزيئات المواد الذائبة التى يتم فصلها ، لا يوجد حدود فاصلة دقيقة بين هذه الأقسام حيث يوجد تداخل بين حجم الجزيئات التى يمكن فصلها بواسطة هذه المعاملات (جدول ١-٨) وفيما يلى طرق الفصل بالأغشية :

١. ultrafiltration (UF) حيث يتم فصل المكونات الدقيقة والعالقة التى يبلغ وزنها الجزيئى $١٠^{٣}-١٠^{٦}$ دالتون من المحلول وحجمها الجزيئى ٠,٠٠١ إلى

٠,٠٢ um. عادة يدفع السائل إلى سطح الغشاء وتحت ضغط منخفض نسبياً. يتم فصل اللبن بواسطة UF إلى (i) راشح permeate (يعرف أيضاً بالـ ultrafiltrate) الذى يحتوى على الماء ، اللاكتوز ، الأملاح الذائبة ، المواد النتروجينية غير البروتينية (NPN) والفيتامينات الذائبة ، (ii) مركز retentate الذى يحتوى على البروتين والدهن والأملاح غير الذائبة (الغروية) ، ويرتفع تركيز هذه المكونات فى المركز بزيادة كمية الراشح الناتجة .

٢. reverse osmosis (RO) وتعتبر أساساً عملية تجفيف حيث يتم فصل الماء dewatering وتعمل تحت ضغط يصل إلى ٥-١٠ أضعاف المستخدم فى UF على الأقل . تقوم أغشية RO بفصل الجزيئات والأيونات الصغيرة الذائبة التى يبلغ وزنها الجزيئى أقل من ١٠٠٠ دالتون (حوالى ١٥٠ دالتون فى المتوسط) وحجمها الجزيئى أقل من ٠,٠٠١ um . لذلك فإن الدهن ، البروتينات ، اللاكتوز وجميع الأملاح غير المتأينة تحتجز وتتركز بواسطة هذه الأغشية ويسمح فقط للماء والأملاح المتأينة بالمرور من خلال الغشاء .

٣. microfiltration (MF) حيث يتم فصل الدقائق والمواد العالقة التى يبلغ حجمها الجزيئى ٠,١ - ١٠ um ووزنها الجزيئى أعلا من ٢٠٠,٠٠٠ دالتون لذلك فإنه يمكن فصل البكتريا وحبيبات الدهن ، كما تتضمن مكونات اللبن التى يمكن فصلها بواسطة MF مكونات الشرش ، β-casein، β-lactoglobulin ومكونات اللبن الفرز .

جدول ١-٨ : الفروق الرئيسية بين الطرق المختلفة للفصل بالأغشية

	UF	RO	MF
• حجم المواد الذائبة المحتجزة (um)	٠,٠٠١-٠,٠٠٢	أقل من ٠,٠٠١	١٠-٠,٠١
• الوزن الجزيئى للمواد المحتجزة (dalton)	$١٠^{٦}$-$١٠^{٢}$	أقل من $١٠^{٣}$	أكبر من $١٠^{٦}$
• ضغط التشغيل (bar)	١-١٥	أعلا من ٢٠	أقل من ٢
• معدل إنتاج permeate السائل (لتر/م^{٢}/ساعة)	٣٠-٣٠٠	٣-٣٠	أكثر من ٣٠٠

يعتبر UF ، RO من أكثر طرق الفصل بالأغشية استخداما فى مجال الألبان ، كما أمكن الأستفادة فى السنوات الأخيرة من MF فى مجال الألبان . وحديثاً استخدمت طريقة جديدة من طرق الفصل بالأغشية في مجال الألبان لمعاملة الشرش فى بعض مصانع الجبن

وهى nanofiltration (NF) وهى تقع بين UF ، RO حيث تفصل الدقائق التى يكون وزنها الجزيئى أقل من ٣٠٠-١٠٠٠ دالتون ويحتجز الباقى . الجزيئات الصغيرة مثل NaCl تفصل مع الماء بينما المكونات الأخرى مثل اللاكتوز ، البروتينات والدهن تحتجز مما يجعل هذه الطريقة مناسبة لأزالة الملح desalting من شرش الجبن .

بدأ فى استخدام UF صناعة الألبان فى فصل وتركيز بروتينات اللبن من الشرش . فى نهاية عام ١٩٨٣ تم تركيب أغشية بلغت مساحتها الكلية إلى ٨٠,٠٠٠م^{2} معظمها فى الولايات المتحدة لتحويل الشرش إلى مركز بروتين شرش . وحالياً يتم معاملة حوالى ٩٪ من الإنتاج العالمى من الشرش بواسطة UF لإنتاج ٤٠,٠٠٠ - ٧٠,٠٠٠ طن من مركز بروتين الشرش سنوياً طبقاً لمحتوى المركز من البروتين . كما تم إدخل UF فى تصنيع الألبان حديثاً حيث تم تركيب أغشية بلغت مساحتها ١٩,٠٠٠م^{2} لمعاملة اللبن بواسطة UF عند نهاية عام ١٩٨٣ . الأستخدام الأساسى لمعاملات UF تتركز فى إنتاج جبن الكوارج وأنواع الجبن الطرية وقد وجد أن أكثر من ١٥٠,٠٠٠ طن من أنواع مختلفة من الجبن الطرية ، معظمها جبن الفتا ، تنتج سنوياً بواسطة UF .

أدخلت UF فى صناعة الألبان فى مصر حديثاً منذ عدة سنوات حيث تم تركيب أغشية بلغت مساحتها ٨٠٤م^{2} يوجد منها ٢٨٥م^{2} فى مصانع ألبان قطاع الأعمال موزعة على ستة مصانع وباقى المساحة وقدرها ٥١٩م^{2} موجودة فى مصانع القطاع الخاص والأستثمارى . يتركز أستخدام UF فى صناعة الألبان فى مصر فى إنتاج الجبن الدمياطى بنوعيه كامل الدسم ونصف الدسم وكذلك جبن الكوارج والذى يستخدم فى صناعة الجبن المطبوخ .

ويوجد عدة أنواع من UF تستخدم فى صناعة الألبان من أهمها الأنبوبى tubular وهو النوع الشائع فى مصر ، اللفائف (الحلزونى) spiral wound وهو النوع المستخدم فى معظم أنحاء العالم فى صناعة الأغذية والألبان وغير موجود فى مصر وكذلك الألواح plate and frame ويوجد منه أمتار معدودة .

يعتبر جودة مادة الأغشية من العوامل الهامة التى تحدد درجة كفاءة طرق الترشيح بالأغشية المختلفة . كانت أغشية خلات السليلوز cellulose actate أكثر شيوعاً فى طريقة UF ، RO ولكن تم أحلالها حالياً بأغشية بولى سلفون polysulphone وخاصة فى UF . كما توجد أنواع أخرى من أغشية البلومرات منها polyamide, polyimide, polyvinylidene fluoride وغيرها . الأغشية المعدنية mineral membranes وخاصة zirconium oxide وأغشية السيراميك ceramic تستخدم حالياً بكثرة فى UF ، MF

وتعتبر هذه الأغشية قوية ومقاومة لنطاق واسع من pH ودرجة الحرارة عن أغشية البلومرات السابقة . وبالرغم من أنها مرتفعة الثمن إلا أنها أكثر متانة ومقاومة وتعمل بكفاءة لفترة أطول تصل إلى ٥ سنوات مقارنة بـ١٨ شهراً للأغشية الأخرى . ومن الأغشية الشائعة فى UF فى مصر هى أغشية البولى سلفون والسيراميك .

٣- استخدام RO فى صناعة الجبن

تهدف هذه العملية إلى زيادة الجوامد الكلية فى اللبن المستخدم فى صناعة الجبن . فى صناعة جبن التشدر أستخدم RO فى تركيز اللبن الكامل إلى ٢٠-٢٥٪ جوامد كلية. وتم صناعة الجبن بأستخدام الأمكانيات والمعدات التقليدية وكان التركيب الإجمال للجبن الناتج مماثل للجبن الناتج من لبن غير مركز . أدت هذه الطريقة إلى إنخفاض كمية البادىء والمنفحة اللازمة بحوالى ٥٠ و ٦٠٪ على الترتيب . انخفاض حجم اللبن بحوالى ٢٠٪ بواسطة RO أدى أيضاً إلى زيادة محصول الجبن بحوالى ٢-٣٪ . ومع ذلك فإن الفاقد من الدهن فى الشرش يزيد بزيادة تركيز الجوامد نتيجة لتأثير التجنيس الجزئى خلال عمليات التصنيع .الأنخفاض المفاجىء فى الضغط يمكن أن يؤدى إلى حدوث تحلل للدهن فى اللبن والجبن .ويفضل فى هذا المجال أنخفاض حجم اللبن بحوالى ١٥٪ والذى يعادل نسبة تركيز ١,١٨ : ١ . فى جبن Cottage إنخفاض حجم اللبن الفرز بحوالى ٨٪ بواسطة RO أدى إلى زيادة المحصول نتيجة حجز الشرش المركز فى الشبكة المتكونة بواسطة كالسيوم باراكازينات فى الجبن . جبن RO تحتوى على تركيز مرتفع من بقايا اللاكتوز الذى قد يؤدى إلى أستئناف تخمر حامض اللاكتيك بعد عدة أيام فى غرف التسوية عندما تستهلك كمية كافية من حامض اللاكتيك بواسطة ميكروبات التسوية ، الأمر الذى قد ينشأ عنه بعض الأضرار بالخواص الحسية للجبن ، يمكن إزالة الكميات الزائدة من اللاكتوز والأملاح بغسل الخثرة بالماء .

يستخدم RO على نطاق واسع فى معاملة الشرش ولكن استخدامه فى صناعة الجبن لم يلاقى نجاحاً كافياً . ومع ذلك فإنه يوجد فى الولايات المتحدة عدة براءات أختراع لأستخدام التبخير بالحرارة فى تركيز لبن الجبن .

٤- استخدام MF فى صناعة الجبن

يساعد MF وكذلك bactofugation (إزالة الميكروبات بالطرد المركزى) على زيادة كفاءة المعاملات الحرارية فى القضاء على الميكروبات الموجودة فى اللبن ولكن يبدو أن MF أكثر كفاءة فى هذا الشأن عن bactofugation . فى عام ١٩٨٦ أستخدام MF فى

التخلص من البكتريا الموجودة فى اللبن . وكانت نتائج هذه العملية مرضية جداً ولكن كان يحدث تلوث خطير لغشاء MF بدرجة سريعة . وللتغلب على ذلك فقد قامت شركة Alfa-Laval فى عام ١٩٧٤ بإنتاج غشاء سيراميك جديد بنفاذية عالية . وقد أستخدم هذا الأساس فى تصميم جهاز على نطاق تجارى لإزالة البكتريا يطلق عليه "Bactocatch" حيث يتم الترشيح الدقيق للبن الفرز الخام بصفة مستمرة بأستخدام أغشية حجم الثقوب pore size فيه ١,٤ *u*m عند درجة حرارة بين ٣٥-٥٠°م . تبلغ كمية الراسب retentate فى هذه الطريقة ٥٪ من حجم اللبن الداخل إلى الغشاء ويمكن تخفيضه إلى ٣٪ وهذا الراسب الذى يحتوى على بكتريا اللبن يمكن أستخدامه فى تغذية الحيوانات فى حالة صناعة الجبن من اللبن الخام أو تخلط بصفة مستمر مع القشدة لتعديل نسبة الدهن . وعادة تستخدم طريقة UHT (١١٥-١٢٠°م لمدة ٣ ثوان) فى معاملة مخلوط القشدة والراسب والذى بعد تبريده يتم خلطه مع اللبن الناتج من MF وقد أمكن بهذه الطريقة الوصول إلى معدل الأنسياب فى MF ، كمية اللبن (لتر) لوحدة مساحة من الغشاء (م^2) فى وحدة زمن (ساعة) ، يتراوح من ٥٠٠-٧٠٠لتر/م^2/ساعة لمدة ١٠ ساعات مع إزالة ٩٩,٦٪ من البكتريا الموجودة فى اللبن بصرف النظر عن العدد الأولى للبكتريا فى اللبن الفرز الخام. وقد وجد أن شكل وحجم الخلايا تؤثر على كفاءة الغشاء فى حجز البكتريا لحد ما كما لوحظ معدلات إحتجاز عالية (أكثر من ٩٩,٩٨٪) فى حالة البكتريا المتجرثمة مثل *B.cereus* أو *C.tyrobutyricum* وقد يرجع ذلك إلى ألتصاق جراثيم البكتريا بجزء من جدار الخلية وبالتالى يؤدى ظاهرياً إلى كبر حجم الخلايا . وقد وجد أن نسبة أحتجاز *Listeria* فى عملية bactocatch تكون مرتفعة بدرجة تتوقف على ما إذا كان اللبن قد سبق تعريضه لـ MF أما لا مما يدل على أن هذا النوع من البكتريا قد يكون ملتصق بالخلايا السوميتية somatic cells التى تحتجز جميعها بواسطة أغشية MF . بينما تعريض اللبن لعملية bactocatch يحسن بدرجة كبيرة من الجودة الميكروبية وكذلك مدة حفظ المنتجات الناتجة من هذا اللبن ألا أن هذه العملية تسبب كثير من المشاكل فى إنتاج جبن مرتفع الجودة من لبن على درجة فائقة من النظافة ultra-clean والذى يطلق عليه صانعو الجبن "dead milk" . وقد أجريت كثير من البحوث للتعرف على طبيعة ودور ونمو بادىء التسوية فى مثل هذه الألبان فى صناعة الجبن حيث وجد أن كل نوع من الجبن يحتاج إلى دراسة مفصلة . كما وجد أن جبن الأمينتال الناتج من لبن سبق تعريضه لعملية bactocatch يحتاج إلى إضافة خليط من سلالات معينة من بكتريا حمض اللاكتيك بالإضافة إلى بادئات محبه للحرارة المعتدلة وبادئات محبة للحرارة المرتفعة وبكتريا حمض

البروبيونيك إلى هذا اللبن فى البداية عند صناعة الجبن .

كما يمكن استخدام MF فى تدعيم لبن الجبن بالكازين بأستخدام أغشية تبلغ حجم الثقوب فيه ٠,٢ um والتى تسمح بفصل أنواع معينة من شقوق الكازين حيث يمكن إنتاج لبن لصناعة الجبن يحتوى على نسب مختلفة من الكازين . كما يمكن أيضاً تعديل نسب α_s/β-casein فى اللبن بأستخدام MF . تبريد اللبن عند درجة أقل من ٥°م يؤدى إلى ذوبان β-casein والذى يمكن فصله بواسطة أغشية MF (٠,٢ um) أو استخدام أغشية MF تحتجز ١٠٠,٠٠٠ دالتون . المركز الناتج بكلا الطريقتين يحتوى على كازين تكون فيه نسبة α_s/β مرتفعة وأن الراشح microfiltate الناتج عبارة عن محلول من β-casein على مستوى عال من النقاوة مما يساعد على إنتاج أنواع جديدة من الجبن من ألبان معدل فيها β-casein .

٥- أستخدام UF فى صناعة الجبن

يمكن استخدام UF فى صناعة الجبن بعدة طرق منها :

١. تركيز أولى للبن يصل إلى الضعف (خفض حجم اللبن الأصلى إلى النصف) . يصنع المركز concentrate فى صناعة الجبن بالمعدات التقليدية مما يؤدى إلى زيادة الطاقة الإنتاجية للمصنع مع زيادة بسيطة فى محصول الجبن نتيجة زيادة كفاءة احتجاز الدهن والبروتين .

٢. إنتاج جبن أوليه "precheese" حيث يركز اللبن إلى مركز retentate يحتوى على جوامد كلية مماثلة لتركيزها فى الجبن النهائى . يوضع المركز بعد إضافة البادىء والمنفحة فى القوالب ونظراً لأن ذلك قد يصاحبه صرف محدود للشرش فإن محصول الجبن يزيد بدرجة ملحوظة . عادة يصنع جبن الكممبير بهذه الطريقة . المركز الناتج بهذه الطريقة لا يمكن تصنيعه بالمعدات التقليدية ولكن يستخدم معدات خاصة لصناعة جبن UF .

٣. إنتاج مركز حيث يجبن بإضافة المنفحة والبادىء ثم يقطع . تسمح هذه الطريقة بإجراء عمليات تكوين التركيب البنائى texturization للناتج النهائى . يلاحظ أن هذه الطريقة تؤدى إلى زيادة محصول الجبن بدرجة ملحوظة ولكن يتطلب الأمر استخدام معدات خاصة لتصنيع المركز إلى الجبن . وتستخدم هذه الطريقة فى إنتاج جبن فتا structured Feta ، الموزاريلا ، الجبن المعرقة بالفطر الدنمراكية Danablu cheese.

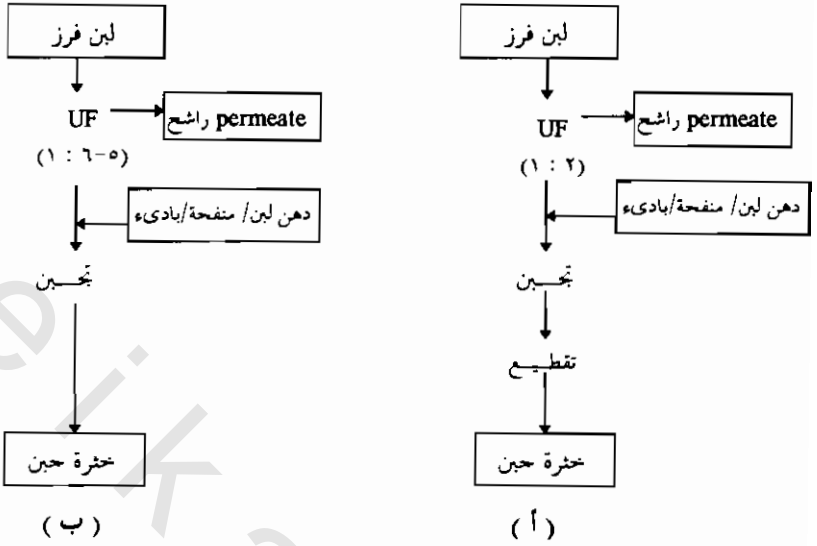
٤. تركيز الشرش باستخدام UF لإنتاج مركز بروتينات الشرش الذى يعاد إلى حوض الجبن كمعلق slurry . إضافة بروتين الشرش المتحصل عليه من الشرش إلى لبن الجبن أو الخثرة كانت الخطوة الأولى فى الأستفادة من UF فى صناعة الجبن . ومع ذلك فإنه من الضرورى ترسيب بروتينات الشرش أولاً بالتسخين إلى درجة ٩٠°م عند pH ٤,٩ إلى ٦,٠ . وتستخدم طريقة Centri-whey ، التى بنيت على هذا الأساس ، فى فرنسا فى إنتاج جبن مشابه لجبن الكممبير والكولمبير Coulommier . وقد وجد أنه يمكن إضافة ٢,٠ إلى ٢,٨ جم مركز بروتين الشرش (WPC) الناتج بطريقة Centri-whey إلى لتر واحد من اللبن لإنتاج جبن جاف .

طريقة صناعة جبن طرى بإضافة بروتينات الشرش تتضمن خلط مركز لبن فرز UF (skimmilk retentate) إلى مركز شرش UF بنسبة ٥ : ١ مع دهن لبن نقى butteroil للحصول على جبن أولية تحتوى على ٣٩,٥٪ جوامد كلية ، ١٤,٨٪ بروتين (٦٥٪ كازين ، ٣٥٪ بروتين شرش) ، ١٩,٣٪ دهن و ٤,٤٥٪ لاكتوز . ويضاف إلى هذا المخلوط بادىء ومنفحة .

يبقى فقط بروتين الشرش المضاف فى خثرة الجبن بعد تصفية الشرش إذا كان هذا البروتين قد حدث له دنترة نتيجة المعاملة الحرارية . عندما تصنع الجبن من لبن مضاف إليه WPC سائل فإن محصول الجبن يزيد من ١-١٧٪ مقارنة بجبن المقارنة ولكن قد يعزى بعض الزيادة فى محصول الجبن إلى إرتفاع محتوى الرطوبة فى جبن التجارب . وقد وجد أن بروتينات الشرش المضافة تحتجز فى الخثرة ما لم يكن WPC قد سخن أو تم خفض pH إلى درجة قريبة من IEP لبروتينات الشرش . بعد المعاملة الحرارية عند درجة ٩٠°م فإن ٨٣-٩٩٪ من بروتينات الشرش المضاف يحتجز فى الخثرة .

كما أن إضافة بروتين الشرش الذى حدث له دنترة إلى جبن Cottage قد يكون له قيمة أقتصادية كبيرة نتيجة لزيادة المحصول الذى يمكن الحصول عليه دون أن يؤثر على جودة الناتج . من ناحية أخرى فقد أمكن الحصول على جبن Danbo (نوع من الجبن نصف الجافة الدنماركية) بجودة جيدة بإضافة بروتينات الشرش .

التركيز الأولى للبن إلى الضعف والذى يطلق عليه تركيز منخفض low concentration أو جزىء part concentration (طريقة أ) ، أما إذا تم التركيز إلى المحتوى النهائى من الجوامد الكلية فإنه يطلق عليه تركيز كامل full concentration (طريقة ب) والرسم التخطيطى فى الشكل (١-٨) يبين طريقة صناعة الجبن بأستخدام هاتين الطريقتين.



شكل ١-٨ : رسم تخطيطى لصناعة الجبن من مركز retentate منخفض (أ) ومركز مرتفع (ب)

٥-١- صفات مركز UF فى صناعة الجبن

نمو البكتريا فى المركز retentate أو الجبن الأولية pre-cheese (المركز + قشدة مضافة)مماثل لنموها فى اللبن ، لذلك فإنه يجب أن يتم UF للبن خلال مدة ودرجة حرارة تحد من نمو البكتريا . عادة يفضل أن يتم ترشيح اللبن الفرز بطريقة UF عند درجة حرارة بين ٥٠-٥٤°م لأقل من ٥ ساعات . قد يحدث نمو للبكتريا المحبة للحرارة العالية thermophilic bacteria عند درجة ٥٠°م بعد ٥ ساعات والتى قد تكون السبب فى تجبن المركز كما لوحظ فى بعض الحالات .

يجب ألا يحتجز اللاكتوز بكميات زائدة حيث أن أى زيادة فى محتوى اللاكتوز فى المركز قد يسبب انخفاضاً فى الجودة الحسية للجبن الناتج (ظهور طعم حامضى ، مر ، خشن) .

تختلف لزوجة المركز المتحصل عليها من اللبن الفرز بطريقة UF بأختلاف محتوى البروتين وأيضاً مع درجة الحرارة . يرتفع محتوى مركز UF من الكالسيوم نتيجة لأرتباط جزء من البروتين بهذا العنصر ، لكن أرتفاع محتوى الكالسيوم قد يؤدى إلى مذاق مر فى الجبن النهائى ، خاصة فى الجبن الطازج . يمكن خفض محتوى المركز من الكالسيوم

بتسوية اللبن قبل أجراء UF .

عند تخزين اللبن مبرداً لمدة قد تصل إلى ٤ أيام قبل إجـراء UF فـإن صلاحيـة مركـز UF الناتج (معامل تركيز ٢ : ١) لصناعة الجبن وكذلك جودة الجبن الناتج تكون متماثلة بصرف النظر عن فترة التخزين . عند معاملة اللبن بدرجات حرارة شديدة الأرتفاع UHT ثم ترشيحه بأستخدام UF فإن المركز يحتفظ بقدرته على تكوين الخثرة ، والتى عادة تفقـد كنتيجة للمعاملة الحرارية ، وبالمثل فإن المركز المحضر بواسطة UF مـن لـبن طبيعـى يحتفـظ بقدرته على التجبن بالمنفحة حتى بعد المعاملة بالـUHT .

اللبن المحتوى على أعداد كبيرة من الخلايا السوميتية somatic cells (SCC) غالباً مـا يكون بطيئاً فى تكوين الخثرة ويؤدى إلى تكوين خثرة طرية مـع إنتـاج جـبن محتويـة علـى كميات زائدة من الرطوبة وبجودة منخفضة ، محصول منخفض وطعم ناقص . عند تدعيـم مثل هذا اللبن بمركز UF ناتج من لبن منخفض فى SCC يؤدى إلى تكوين خثرة صلبة مع إنتاج جبن يحتوى على المعدل الطبيعى من الرطوبة وجودة تـتراوح مـن جيـدة إلى ممتـازة ، محصول مرتفع وطعم معتدل ، تنخفض الفترة اللازمـة لتكويـن الخثـرة بزيـادة الـتركيز . تدعيم المركز إلى حـوالى ١,٩ : ١ بروتـين كلـى يـؤدى إلى زيـادة محصـول الجـبن بحـوالى ١١,٤٪ . تدعيم مركز UF من لبن مرتفع فى SCC إلى ١,٨٤ : ١ بروتين كلـى يحسـن أيضاً من جودة الجبن ويزيد مـن المحصـول مقارنـة بجـبن الكنـترول ولكـن ليـس إلى نفـس المستوى المرتفع المتحصل عليه بتدعيم المركز .

كما يمكن استخدام لبن كامل مدعم بمركـز UF بنجـاح فـى صناعـة جـبن تشـدر منخفض فى الصوديوم وجبن مطبوخ . كما أنه من الممكن إزالة بقايا البنسـلين مـن اللـبن أو الشرش بواسطة UF فقـد وجـد أن ٨٤٪ مـن البنسـلين يبقـى فـى الراشـح permeate ويبقى ١٦٪ فقط فى المركز .

٥-٢- المعاملة الحرارية لمركز UF فى صناعة الجبن

اللبن المستخدم فى صناعة معظم أنواع الجبن التقليدية لا يتم معاملته حرارياً بدرجـة كافية حيث أن قدرة اللبن على التجبن بالمنفحة تتـأثر وتتكـون خـثرة ضعيفـة التـى تحتجـز كميات زائدة من الرطوبة . على العكس من ذلك فإنه يمكن الحصول على خثرة صلبة من لبن مركز بواسطة UF بعد معاملته حرارياً . وبهـذه الطريقـة فـإن جـبن UF Cast Feta (جبن فتا قوالب ذات تركيب مقفول مصنوعة بأستخدام UF) تتميـز بـتركيب نـاعم مـع محتوى أعلا من الرطوبة عن جبن الفتا التقليدية والذى قد ينتج من قدرة بروتينات الشـرش

الموجودة التى حدث لها دنترة على الأحتفاظ بالرطوبة بالرغم من أن بروتينات الشرش قد تسمح للكازين بالأرتباط بنسبة رطوبة أكبر .

من المعروف أن بروتينات الشرش يحدث لها دنترة بدرجة أسرع فى اللبن المركز عنه فى اللبن العادىوالذى يمكن أن يفسر حقيقة أن اللاكتوز (مثل غيره من السكريات الثنائية مثل السكروز) يكون له تأثير مثبط على التجبن الحرارى لبروتينات الشرش ، ومع زيادة معامل التركيز فإن نسبة اللاكتوز /بروتينات الشرش تنخفض وبالتالى فإن التأثير الواقى للاكتوز على دنترة بروتين الشرش ينخفض .

وفى دراسة لتقدير المعاملة الحرارية المثالية لمركز UF (التركيز الكامل) ، أى درجة الحرارة التى عندها يحدث دنترة لبروتين الشرش بدرجة كبيرة دون التأثير على صفات اللزوجة للمركز ، وجد أن تسخين مركز UF عند ٧٦°م لمدة ٥ دقائق يؤدى إلى حدوث دنترة لبروتين الشرش بدرجة تصل إلى ٥٦٪ مع صفات لزوجة مقبولة بينما التسخين خارج هذا النطاق يكون غير مرغوب فيه .

٥-٣- قابلية مركز UF للتجبن بالمنفحة

نظراً لعدم وجود صرف للشرش فإن كل كمية المنفحة التى أضيف إلى الجبن الأولية السائلة تبقى فى الجبن . لهذا فإن UF توفر حوالى ٨٠٪ من كمية المنفحة التى عادة تضاف فى تحضير وزن معين من الجبن . كما يؤدى ذلك إلى إنخفاض تكاليف صناعة الجبن وأيضاً يؤدى إلى المساهمة فى حل مشكلة نقص المنفحة على المستوى العالمى . وعموماً فإنه للحصول على نفس مدة التجبن فإن حجم المنفحة يجب أن يخفض طبقاً لمعامل التركيز . نتيجة لعملية diafiltration (حيث يتم تخفيف مركز UF بإضافة ماء ثم إعادة ترشيحه بواسطة UF لتركيز أعلا) فإن الإحتياجات من الأنزيم تنخفض إلى حوالى ١٥٪ مقارنة بالكنترول ، وقد يرجع ذلك إلى التغير فى التركيب (زيادة البروتين وأنخفاض فى تركيز الكالسيوم نتيجة عملية diafiltration) . عموماً فإن الإحتياجات من المنفحة بالنسبة لكمية اللبن الأولية تتناسب عكسياً مع درجة التركيز ومحتوى البروتين . عادة ٣٠٪ فقط من مستحضر المنفحة يبقى مع الخثرة بينما ٧٠٪ الباقية تفقد فى الشرش دون الإستفادة منها . وقد وجد فى صناعة جبن الكممبير بالطريقة التقليدية أن ٤٠-٥٠٪ من المنفحة المضافة إلى اللبن تبقى فى الخثرة .

عند تنفيح لبن UF فإن كمية المنفحة يجب أن تنخفض مع زيادة محتوى الكازين لكى يمكن المحافظة على مدة التجبن العادية لنوع معين من الجبن . وقد وجد أن العوامل

المسئولة عن أسراع تجبن لبن UF بالمنفحة : زيادة تركيب البيئة substrate ، إنخفاض pH (٦,٥٣ pH عند ١٠,٢٪ كازين ، ٦,٦ pH عند٢,٨٪ كازين) ، زيادة تركيزالكالسيوم الكلى والمتأين . ولكن وجد فى اللبن الجاموسى أن مدة تجبن اللبن بالمنفحة تزيد بزيادة التركيز ، بينما وجد آخرون أن مدة التجبن بالمنفحة تنخفض بزيادة تركيز محتوى لبن UF من البروتين ، كما وجد أن مدة التجبن بالمنفحة ترتبط بطريقة عكسية بمحتوى البروتين و Ca^{2+} فى المركز retentate كما أن رفع تركيز البروتين يؤدى إلى أنخفاض مدة تجبن المرحلة الأولى من التجبن الأنزيمى .

عندما يتم بسترة مركز UF (معامل تركيز ٢ : ١) عند ٧٢° م/ لمدة ٣٠ثانية فإنه يمكن تعويض الضرر الناتج فى قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة من هذه المعاملة الحرارية بإضافة ١٥٠ ملليجم $CaCl_2$ /لتر مركز ، إضافة ٣٠٠ ملليجم $CaCl_2$/ لتر مركز يقلل من مدة التجبن بالمنفحة بحوالى ٢٧٪ . يمكن تحسين تجبن مركز UF وذلك بإضافة $CaCl_2$ قبل إضافة المنفحة بفترة ٣٠ دقيقة على الأقل .

خثرة المنفحة الناتجة من مركز UF تختلف عن خثرة المنفحة التقليدية بالنسبة للتركيب البنائى . تختلف درجة صلابة الخثرة بصفة أساسية عندما يكون تركيز البروتين مرتفع بدرجة كبيرة حيث أن نسبة البروتين أعلا تعطى خثرة أكثر صلابة .

ميكانيكية التجبن لجسيمات الكازين فى لبن UF تختلف عنها فى اللبن الطبيعى والذى يكون مسئولاً عن التغيير فى التركيب البنائى . تتكون الخثرة فى مركز UF عندما يتحلل فقط حوالى ٢٥٪ من k-casein ، جسيمات الكازين التى لم تتغير بدرجة كافية عند نقطة التجبن قد تصبح جزءاً من الخثرة فيما بعد ولكن قد لا تكون جزءاً مكملاً من تركيب الخثرة . الخثرة المتكونة من المركزات تصبح أكثر خشونة بصفة مضطردة مع زيادة معامل التركيز ، بطأ التكوين البنائى للخثرة يجعل الخثرة هشة وقابلة للتفتت .

الأتزان بين الكالسيوم الحر والغروى يؤثر على قابلية اللبن للتجبن والصفات الريولوجية للخثرة. فى لبن UF يزيد تركيز الكالسيوم الغروى ويحافظ بصورة تقريبية على نسبة ثابتة مع تركيز البروتين . للحصول على خثرة مماثلة فى التركيب والصفات الريولوجية للمنتجات التقليدية فإن تركيز الكالسيوم ينخفض أو بطريقة أكثر تحديداً ، تنخفض نسبة الكالسيوم الغروى إلى البروتين بأستخدام UF بعد زيادة حموضة اللبن ، أو بعملية diafiltration حيث يؤدى ذلك إلى تحويل الكالسيوم من الحالة الغروية إلى الحالة الذائبة الذى يفقد فى الراشح permeate أثناء UF . ترتبط صلابة الخثرة بطريقة مباشرة مع تركيز الكالسيوم الأيونى لذلك فإن هذا الكالسيوم الأيونى يزيد بإنخفاض pH

وتنخفض بإضافة السترات. وعموماً فإنه فى جميع الأحوال فإن المركز ينتج خثرة أكثر صلابة عن اللبن وتزداد الصلابة مع الوقت بعد التجبن . كما أنه مع اللبن الجاموسى فإن درجة صلابة خثرة المركز تزداد تدريجياً بزيادة معامل التركيز .

صرف الشرش وطرده من الخثرة syneresis هى الخطوة الأساسية فى صناعة الجبن . تركيز اللبن بأستخدام UF يؤدى إلى إنخفاض ملحوظ فى معدل طرد الشرش ويرجع ذلك إلى أن UF يقلل من كمية الماء فى اللبن .وقد وجد أن خثرة مركز UF تميل إلى طرد نسبة أكبر من الشرش عن الخثرة الناتجة من اللبن ، ويكون هذا المعدل أكثر وضوحاً فى حالة العينات الحامضية نتيجة إلى تكوين شبكة كازين أكثر كثافة وبالتالى يكون أنكماش الخثرة بدرجة أكبر . كما أن زيادة كمية المنفحة المضافة إلى مركز UF يؤدى إلى زيادة فى أنكماش الخثرة وطرد الشرش منها . وقد أشار البعض إلا أنه من الضرورى تقدير مدة التجبن بالمنفحة وصلابة الخثرة المتكونة حتى يمكن تحديد كمية المنفحة والبادىء المضاف عندما يستخدم مركز UF فى صناعة الجبن. كما أن تأثير المعاملة الحرارية فى زيادة كمية المنفحة يمكن تقليله بزيادة معامل تركيز UF .

٥-٤- التغيرات التى تحدث أثناء تسوية جبن UF

عندما يتكون الحامض فى صناعة الجبن العادية فإن معظم هذا الحامض يمتص بواسطة المواد المنظمة buffer فى الخثرة (البروتين ، الأملاح غير الذائبة) وتبقى كمية قليلة لزيادة تركيز أيون الأيدروجين وتؤدى إلى إنخفاض pH . أثناء UF فإن هذه المكونات فى اللبن قد تتركز إلى ٢-٥ أضعاف تركيزها فى اللبن الطبيعى مما يعنى أن إنتاج الحامض يجب أن يكون أعلا فى مركز UF عنه فى اللبن الطبيعى لكى يكون له نفس التأثير فى تغيير pH . نتيجة لذلك تطول فترة التسوية والتى تزيد بزيادة درجة تركيز UF . وقد وجد أن خفض pH لبن فرز عادى إلى ٤,٦ يحتاج إلى ٠,٤٨٪ حامض لاكتيك مقارنة بـ١,٠١٪ لبن فرز مركز UF بنسبة ٢,٣ : ١ ، ١,١٤٪ لمركز UF بنسبة ٢,٦ : ١ ، المركزات بنسبة ٤,٣ : ١ ، ٥,٨ : ١ تكون غير قادرة للوصول إلى pH ٤,٦ حتى عندما تكون الحموضة أعلا من ١,٨٪ . وقد أوضحت بعض الدراسات أنه من غير الممكن خفض pH إلى أقل من ٥,٠ عند مستوى بروتين أعلا من ١١,٥٪ . أثناء تركيز اللبن بواسطة UF فإن فوسفات الكالسيوم الغروية المرتبطة بحسيمات الكازين تصبح مركزة بدرجة تتناسب مع تركيز البروتين . عندما ينخفض pH أثناء التسوية فإن فوسفات الكالسيوم الغروية تتحول إلى الحالة الذائبة . لذلك فإن تركيز الفوسفات الذائبة فى

المركزات المتخمرة عند pH ٥,٠ تكون أكثر أرتفاعاً بدرجة كبيرة عما فى لبن الفرز عند نفس pH . الفوسفات وكذلك اللاكتات يمكن أن تثبط مزارع بادئات بكتريا حمض اللاكتيك إذا كان التركيزات مرتفعة بدرجة كافية .

ولتقليل تأثير زيادة القدرة التنظيمية فى مركزات UF على صناعة الجبن فقد أقترح ما يلى :-

١. إضافة بعض العناصر الغذائية مثل الفيتامينات ، الأملاح المعدنية والأحماض الأمينية لتحسين إنتاج الحموضة بواسطة بكتريا البادىء .
٢. عملية diafiltration يقلل من القدرة التنظيمية لمركزات UF .
٣. بكتريا البادىء من الضرورى أن تنمو وتصل إلى أعداد كبيرة فى مركز UF لإنتاج كميات كبيرة من حامض اللاكتيك لأحداث تغيير فى pH . تعمل القدرة التنظيمية المرتفعة على حماية البكتريا وبالتالى تحافظ على ثبات الأعداد لفترة طويلة . إضافة البادىء بالحجم اللازم للوصول إلى pH المثالى لا يؤدى إلى تخفيف لبن الجبن . إضافة ٢٪ من البادىء إلى مركز لبن كامل ١,٧ :١ أعطى نتائج إيجابية .
٤. إضافة ليسوزيم lysozyme إلى مركز UF يؤثر على pH ، أعداد البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة وتحليل البروتين أثناء التسوية .

كمية البادىء المضافة إلى مركز UF ومعدل نموه يجب أن يكون بطريقة تجعل pH ، محتوى الكالسيوم والفوسفور للجبن الطازج عند عمر يوم واحد بعد إضافة المنفحة تكون مماثلة لمثيلتها فى الخثرة الناتجة بالطرق التقليدية . إذا كان pH الجبن الطازج أعلا من الدرجة المثلى نتيجة زيادة القدرة التنظيمية فى مركزات UF فإن الظروف تكون أكثر ملاءمة لنمو ميكروبات التسمم الغذائى وخاصة خلال الساعات الحرجة فى صناعة الجبن . كما وجد أن عملية diafiltration لمركز UF يقلل من القدرة التنظيمية للمركز ويقلل من مقاومة ونمو بكتريا القولون المرضية enteropathogenic *E.coli* (EEC) بينما تحلل اللاكتوز لا يؤدى إلى مثل هذا التأثير .

نظراً لأن فاجات بكتريا حمض اللاكتيك يثبط بالفوسفات وأن مركز UF غنى فى الكالسيوم والفوسفات فقد وجد أن وجود الفاج فى لبن الجبن يبطئ من عمليات صناعة الجبن بصرف النظر عن نوع البادىء المستخدم (بادىء لبن فرز أو بادىء مركز UF) .

خلال المرحلة الأولى من تسوية الجبن تلعب المنفحة المتبقية دوراً هاماً فى تحليل

البروتين . أستخدام لبن UF فى صناعة الجبن يؤدى إلى احتجاز كمية أقل من المنفحة فى الخثرة وبالتالى تؤثر على درجة تحلل البروتين مما يجعل معدل تحلل البروتين بطىء . بالرغم من أن α_{s1}-casein يتحلل تماماً فى الجبن الناتجة بطريقة UF وكذلك فى الجبن الناتجة بالطريقة التقليدية بعد فترة معينة من التسوية فأن تحلل β-casein يتأخر فى جبن UF ، وقد وجد أن الأنخفاض فى β-casein حوالى ٣٠٪ فى الجبن التقليدية و ١٠٪ فى جبن UF الناتجة بكميات متساوية من المنفحة . ومع ذلك فإن بعض البادئات تنمو بأعداد أكبر فى مركز UF مما يؤدى إلى إنتاج تركيز مرتفع من أنزيمات البكتريا وتحلل البروتين بدرجة أكبر فى بعض أنواع من جبن UF . نسبة بروتين الشرش على أساس محتوى النتروجين الكلى تبقى ثابتة أثناء فترة تسوية جبن UF وقد أدى ذلك إلى أستنتاج أن بروتينات الشرش التى لم يحدث لها دنترة تكون مقاومة لفعل الأنزيمات المحللة للبروتين من المنفحة والبادىء . لذلك فإن بروتينات الشرش تعمل كمسادة مالئة وتخفف من تركيز الكازين وبالتالى تبطىء من فعل المنفحة . وفى دراسة عن تحليل البروتين أثناء التسوية وجد أن نتروجين بروتين الشرش يمثل حوالى ١٧٪ و ٠,٥٪ من النتروجين الكلى فى جبن UF والجبن التقليدى على التوالى . لا يحدث تحلل لبروتينات الشرش فى جبن UF ، يزداد NPN فى جبن UF نتيجة لمكونات NPN الناتجة من فعل المنفحة التى تفقد فى الشرش عادة .

من المحتمل أن تساهم بروتينات الشرش جزئيا من التسوية طبقاً لدرجة الدنترة . تحلل بروتينات الشرش الذى حدث له دنترة يساهم فى تكوين صفات الطعم والتركيب البنائى المرغوب ، خاصة تحلل الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت فى بروتينات الشرش إلى H_2S وغيرها من مركبات الكبريت والتى تؤدى إلى ظهور عيوب فى الطعم .

بروتينات الشرش ، وخاصة β-lactoglobulin يمكن أن يثبط البلازمين . ونظراً لأن البلازمين قادر على تحلل β-casein ، فإن تحلل β-casein فى جبن UF قد يتأثر بوجود بروتينات الشرش ، أساساً β-lactoglobulin الذى حدثت له دنترة ، والذى يعتبر مسئولاً عن ذلك .

عند وجود المنفحة بمستويات متماثلة فى جبن UF والجبن التقليدى فإن معدل التسوية فى الجبن التقليدى يكون أسرع . كما لوحظ أن معدل تسوية يكون متماثل عندما تحتوى جبن UF على ٣ أضعاف كمية المنفحة الموجودة فى جبن الكنترول . جبن UF والكنترول متماثلة بدرجة كبيرة لذلك فإن بطء تحلل البروتين فى جبن UF قد يعزى إلى تثبيط نشاط المنفحة ببروتينات الشرش .

كما لوحظ أيضاً تحلل الدهن بدرجة أقل فى جبن UF بالمقارنة بجبن الكنترول على أساس محتوى الأحماض الدهنية الحرة . الزيادة الضئيلة التى قد توجد أثناء تسوية الجبن الناتج من مركز UF معامل بالحرارة يمكن تفسيره على أساس معدل أتلاف أنزيم الليبيز بدرجة أكبر نتيجة المعاملة الحرارية .

محتوى جبن UF الطازجة من اللاكتوز يكون مرتفع ويعزى ذلك إلى أرتفاع محتوى اللاكتوز فى مركز UF . ومع ذلك فإن اللاكتوز يتحلل بسرعة وأخيراً يختفى بعد فترة تسوية تصل إلى ٦ أسابيع . فى الجبن النصف جافة الناتجة من مركز UF فإنه بالرغم من ملاحظة إنخفاض فى تركيز اللاكتوز إلا أنه لوحظ وجود اللاكتوز بنسبة أكبر من ١٪ حتى بعد ٣ شهور من التسوية .

٥-٥- تطبيقات على الأستفادة من UF فى صناعة الجبن

فى ١٩٦٩ سجل فى فرنسا براءة إختراع لأستخدام UF فى معاملة اللبن لصناعة الجبن وقد أطلق على هذه الطريقة MMV نسبة إلى مخترع هذه الطريقة Maubois,Mocquot and Vassal وفى هذه الطريقة تم تركيز اللبن الفرز بأستخدام UF مع خلط القشدة بالمركز retentate الطازج أو الذى تم تخميره جزئياً ليكون جبن أولية سائلة liquid precheese يكون تركيبها مماثل لتركيب الناتج النهائى . تلقح هذه الجبن الأولية بمزرعة بادىء ، إذا كان retentate غير مخمر ، ويعبأ فى قوالب ثم يضاف إليه منفحة لتحويله إلى جبن . يتركز دور UF فى صناعة الجبن فى إنتاج مركز retentate يحتوى على جوامد كلية بتركيز مناسب مع تواجد مكونات اللبن بالنسب الصحيحة كما يجب ألا تتأثر الحالة الطبيعية للمكونات بدرجة كبيرة وأن يكون المركز مرتفع الجودة الميكروبيولوجية .

وقد وجد أن المساحة الكلية للأغشية المستخدمة فى صناعة الجبن تبلغ ١٧,٠٠٠م^{٢} فى عام ١٩٨٧ وأن إنتاج جبن UF يقدر بحوالى ٣٪ من الأنتاج العالمى للجبن أى حوالى ٤٠٠,٠٠٠ طن من الجبن سنوياً .

تختلف صناعة جبن UF عن الطريقة التقليدية فى استخدام لبن مركز والذى قد يتعرض لمعاملة حرارية كافية لأحداث دنترة لبروتينات الشرش والأحتفاظ بها فى الجبن وبالتالى زيادة المحصول الناتج أى تعظيم الأستفادة من بروتينات الشرش حيث أن فقد هذه البروتينات تعنى فقد حوالى ٢٠٪ من بروتين اللبن . إذا تم تركيز اللبن أولاً بأستخدام UF لدرجة لا يحدث معها فقد للشرش أثناء صناعة الجبن فإن بروتينات الشرش تحتجز فى

الجبن . تتوقف تركيب الجبن الناتج من مركز UF على تركيب المركز والذى يتأثر بكمية الشرش التى تم طردها وكذلك الفاقد من الرطوبة بالتبخير أثناء التخزين والتسوية .

أستخدام UF فى صناعة الجبن لها عدة مزايا بالمقارنة بالطريقة التقليدية من أهمها زيادة محصول الجبن نتيجة لأحتجاز بروتينات الشرش فى الجبن الناتج . يمثل بروتينات الشرش حوالى ٠,٧٪ فى اللبن وحوالى ١٨٪ من البروتين الكلى أى تحت الظروف المثلى فإنه من الممكن أحلال حوالى ٢٢٪ من الكازين ببروتينات الشرش . عند أستخدام UF يحدث تركيز لكل من الكازين وبروتينات الشرش ولكن إذا كان هناك فقد للشرش فإن بعض بروتينات الشرش تفقد فى هذا الشرش حيث أن هذه البروتينات ذائبة بدرجة كافية لذلك فإن درجة تركيز أعلا تؤدى إلى أحتجاز كمية أكبر من بروتينات الشرش .

يساهم أيضاً دهن اللبن فى زيادة محصول الجبن لدرجة معينة . أثناء تصفية الشرش من المركز retentate المضاف إليه منفحة فإن يحدث فقد لبعض الدهن . ونظراً للطبيعة الهشة fragile لخثرة UF فإنه من الضرورى معاملة هذه الخثرة بعناية فائقة وذلك لتجنب زيادة فقد الدهن فى الشرش . بدون ميكنة عمليات التصنيع فإن الفقد من الدهن يكون أعلا عما فى الطرق التقليدية ولكن بأستخدام معدات خاصة فى التصنيع فإنه يمكن أحتجاز الدهن فى الخثرة بكمية أكبر قد تصل إلى ٩٥٪ . يمكن تقليل الفاقد من الدهن بواسطة تجنيس اللبن أو المركز وخاصة فى الجبن التى عادة يجنس فيها اللبن مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese .

ومن مزايا أستخدام UF فى صناعة الجبن بالإضافة إلى زيادة محصول الجبن :

١. خفض حجم اللبن المراد تصنيعه مما يؤدى إلى زيادة الطاقة الإنتاجية للمصنع أو صغر حجم المصنع .
٢. يمكن أستخدام UF لإنتاج جبن من لبن معدل تركيبه من حيث محتواه من الدهن والبروتين ويمكن أيضاً محتواه من اللاكتوز .
٣. سهولة وبساطة عمليات تصنيع الجبن وإمكانية إنتاج الجبن بالطريقة المستمرة .
٤. طرد الشرش بعد التجبن يكون بأقل درجة ممكنة ، كما يمكن إنتاج الجبن بأقصى أستفادة ممكنة من بروتينات الشرش وهذا يؤدى إلى توفير فى الطاقة ووقت الصناعة بالإضافة إلى زيادة محصول الجبن .
٥. تقليل كمية المنفحة والبادىء المضافة .
٦. نظراً لعدم أحتواء permeate على بروتينات فإن قدرته على التلوث تمثل فقط ٨٠٪ مقارنة بالشرش التقليدى .

٧. أرتفاع القيمة الحيوية لبروتينات الشرش ينعكس على القيمة الغذائية لجبن UF .

نظراً لأن اللبن المركز بطريقة UF والذى يطلق عليه جبن أولى (أبتدائى) precheese يجب أن يكون مماثلاً فى تركيبه للجبن النهائى فإن عملية التصنيع تكون أكثر سهولة فى أنواع الجبن الأقل فى محتواه من الجوامد مثل جبن Cottage (٢١٪ جوامد كلية) ، ريكوتا (٢٨٪ جوامد كلية) ، الفتا (٤٠٪ جوامد كلية) . تركيز اللبن حتى ٥ أضعاف يكون كافياً لإنتاج هذه الأنواع من الجبن . لذلك فإن UF تستخدم على نطاق واسع فى صناعة الجبن الطازج مثل الكوارج Quarg (فى ألمانيا) ، الكممبير (فى فرنسا) والفتا (حيث يوجد مصنع فى الدنمارك يقوم بتصنيع ٢٤٠ ألف لتر من اللبن فى اليوم إلى جبن فتا بأستخدام UF) والجبن الدمياطى (فى مصر) .

ومع ذلك فإن إنتاج جبن جاف ونصف جاف الذى يحتوى على جوامد كلية حتى ٦٠٪ أو أكثر يتطلب تركيز اللبن بطريقة UF إلى ٨ أضعاف وقد أمكن الوصول إلى هذا التركيز على نطاق التجارب ولكن من الصعب عملياً الوصول إلى هذا التركيز نظراً لأنخفاض معدل سريان permeate بدرجة كبيرة جداً عند هذا المستوى من التركيز وقد وجد أنه بأستخدام الأغشية المعدنية mineral membranes يمكن الحصول على مركز retentate مرتفع اللزوجة والذى يكون مناسباً لصناعة جبن نصف جاف .يوجد أنواع كثيرة من الجبن أمكن إنتاجها بنجاح ، فى ضوء البحوث المنشورة فى هذا المجال بأستخدام UF منها :

- الجبن الطازج مثل Cottage والكوارج Quarg .
- الجبن الأبيض الطرى المخلل مثل الفتا Feta ، التلم Telem ، الدمياطى .
- جبن طرية مثل الكمبير ، هرف Herve .
- جبن نصف طرية مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese .
- جبن نصف جافة مثل الجودا والأيدام .
- جبن جافة مثل التشدر .

بالإضافة إلى جبن الموزاريلا وجبن القشدة وجبن لبن الماعز و cheese base وهو عبارة عن جبن أولى precheese يستخدم فى تكوين مخلوط الجبن المطبوخ حيث يصل تركيز المواد الصلبة إلى ٦٥٪ .

٥-٥-١- التركيز فى المزرعة On-farm concentration

بدأ الأهتمام بتركيز اللبن فى المزارع فى فرنسا فى عام ١٩٧٤ وقد قامت شركة

ألفالافال Alfa-laval بإنتاج وحدة UF للعمل بالمزرعة . تركيز اللبن بالمزرعة يؤدى إلى تقليل تكاليف نقل اللبن نتيجة لتقليل حجم اللبن بالإضافة إلى أرتفاع محصول الجبن الناتج. يتم تركيز اللبن بنسبة ٢ : ١ بأستخدام UF وينقل المركز retentate إلى مصانع جبن الأيدام ، St.Paulin بينما يستخدم الراشح permeate لتغذية الحيوانات فى المزرعة وبالتالى يساعد على تقليل تكاليف التغذية . عادة يتم تسخين لبن UF (٢ : ١) قبل التبريد والنقل إلى المصنع . الجودة الميكروبيولوجية للبن UF جيدة وعملية التركيز فى المزرعة تكون إقتصادية عندما يكون عدد القطيع ١٠٠ - ١٠٠٠ بقرة . كما استخدم RO فى تركيز اللبن فى المزرعة فى أستراليا .

هناك طريقة أخرى لمعاملة اللبن بواسطة UF والتسخين فى المزرعة حيث يتم تركيز اللبن (٢ : ١) كل يومين . يبستر المركز retentate ويبرد إلى ٢°م . ينقل المركز المتجمع إلى المصنع مرتين فى الأسبوع . يصل عدد البكتريا الحية للحرارة العالية فى المتوسط ٧٧٠٠ cfu/مل .

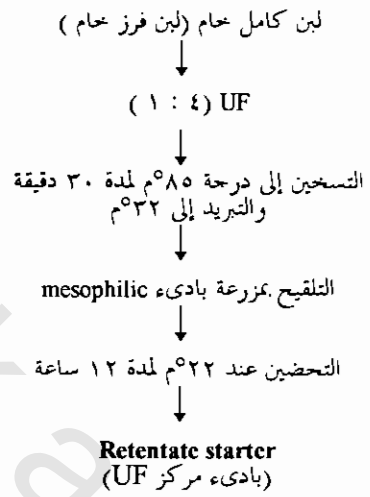
كما يمكن الأستفادة من الراشح permeate الناتج من استخدام UF فى تركيز اللبن لخفض محتوى البروتين فى لبن UHT إلى الحد الأدنى من البروتين المسموح به قانوناً وهو ٢,٨٪ فى معظم الدول الأروبية ، ٣٪ فى فرنسا . ويحقق هذا الأجراء عائداً لكثير من مصانع UHT . ويلاحظ أنه من السهل الكشف عن إضافة الماء إلى اللبن إلا أنه من الصعب الكشف عن تخفيف اللبن بأضافة permeate .

٥-٥-٢- إنتاج بادئ Retentate

القوة التنظيمية لمركز UF عند pH ٦,٧ يؤدى إلى وجود بكتريا حمض اللاكتيك فى الخثرة وفى الجبن الناتج بأعداد أكبر عن الخثرة والجبن الناتجة بالطرق التقليدية وقد أمكن الأستفادة من هذه الميزة فى إنتاج بادىء إضافة (صناعة) جديد bulk starter . يصنع هذا البادىء بتلقيح مركز retentate لبن كامل أولبن فرز يحتوى على ١٢٪ بروتين بمزارع بادىء حمض لاكتيك محب للحرارة المعتدلة mesophilic culture ويحضن عند ٢٢°م لمدة ١٢-١٥ ساعة (شكل ٢-٨) .

ويتميز هذا البادىء بأحتوائه على ميكانيكية ذاتية لضبط pH نتيجة لأرتفاع القوة التنظيمية لمركز UF الذى يحافظ على pH البادىء ثابتاً عند ٥,٠ . لذلك فإن هذا البادىء يتميز بنشاط أكبر من بادىء الإضافة التقليدى المحضر من لبن مبستر ويحتفظ بنشاطه لمدة

١٠-١٢ ساعة عند درجة حرارة الغرفة ، هـذا بالإضافة إلى أن بادىء retentate يتميز بمحتوى مرتفع من البروتين والذى يساهم فى زيادة محصول الجبن مما يجعله مرغوباً فى صناعة الجبن بالطريقة التقليدية أو بأستخدام UF .



شكل ٢-٨ : رسم تخطيطى لإنتاج بادىء Retentate

٥-٦- صناعة بعض أنواع من الجبن بأستخدام UF

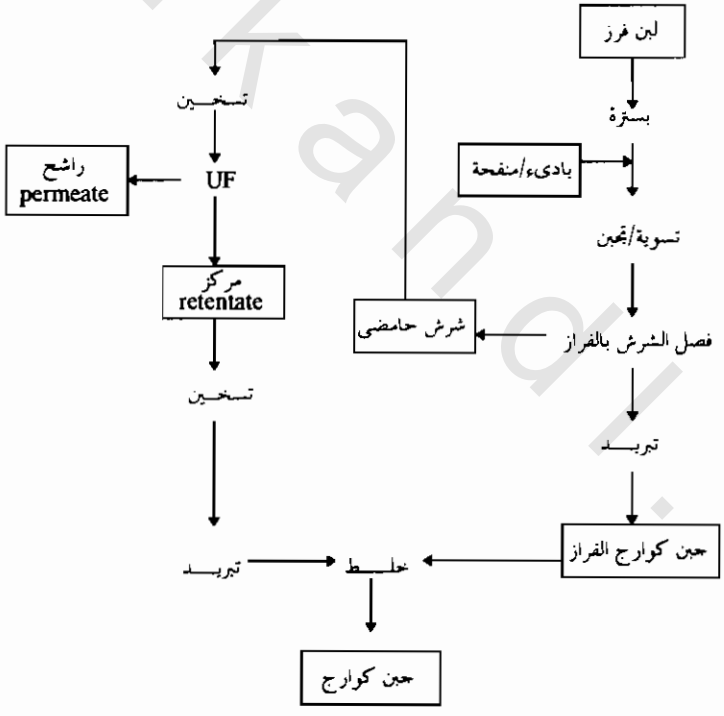
٥-٦-١ جبن الكوارج Quarg

وهى جبن طرية طازجة تصنع بالتجبن الحامضى تشبه جبن Cottage وتعتبر من الجبن الهامة فى ألمانيا . فى صناعة هذه الجبن بالطريقة التقليدية يفصل الشرش من الخثرة الحامضية بواسطة الفراز لذلك فإن بروتينات الشرش لا تبقى بالخثرة ويفقد فى الشرش . للمحافظة على بروتينات الشرش فى خثرة الجبن تستخدم طريقة UF بدرجة كبيرة فى صناعة هذه الجبن حيث وجد أن UF تستخدم فى إنتاج ٣٠٪ من جبن الكوارج فى ألمانيا فى عام ١٩٨٧ ومن المتوقع أن يرتفع فيما بعد إلى حوالى ٧٠٪ . توجد ثلاث طرق مختلفة لأحتجاز أو أدخال بروتينات الشرش فى جبن الكوارج بأستخدام UF :

١. تركيز الشرش بأستخدام UF أى أن هذه الطريقة تجمع بين طريقتى الفراز ، UF .
٢. التركيز الأولى للبن الفرز (أو اللبن الفرز بعد تحميضه) بأستخدام UF إلى تركيز المادة الصلبة فى الناتج النهائى (تركيز كامل full concentration) .

٣. تركيز خثرة اللبن الفرز المتكونة بفعل الحامض بأستخدام UF .

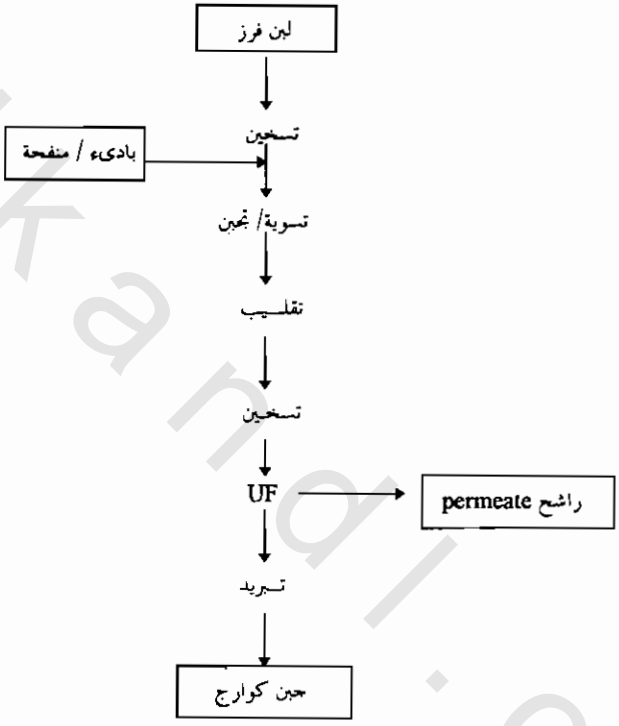
فى الطريقة الأولى (شكل٣-٨) يركز الشرش الناتج من الخثرة بواسطة الفراز إلى حوالى ٢٠ ضعف بأستخدام UF حيث ترتفع المادة الصلبة إلى ١٧,٥ - ١٨,٥٪ والذى يماثل تركيز المادة الصلبة فى جبن الكوارج النهائى ، ثم يعامل المركزة retentate معاملة حرارية ويخلط بعد ذلك مع جبن كوارج الفراز . وقد وجد أنه يمكن إضافة مركز الشرش whey retentate إلى خثرة الكوارج بما لا يزيد عن ١٥٪ بدون التأثير على الصفات الحسية للجبن . يتميز الناتج النهائى بتركيب قشدى ومادة صلبة تصل إلى ١٨٪ وبروتين ١٢٪ . وقد وجد أن لتر واحد من مركز بروتين الشرش يحتوى على ١٣٪ مادة صلبة يعادل ٢,٧-٣ لتر لبن فرز فى إنتاج جبن كوارج .



شكل ٣-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن كوارج بطريقة الفراز و UF

وفى الطريقة الثانية يركز اللبن الفرز بأستخدام UF إلى مستوى من المادة الصلبة

يعادل مستواها فى الجبن الطازج ثم يضاف البادىء . وقد وجد أن هذه الطريقة لا تؤدى إلى إنتاج جبن جيد الجودة حيث يحتوى على طعم مر نتيجة أرتفاع محتوى الكالسيوم (حوالى ٠,٤٪ مقابل ٠,١٪ فى الناتج بالطريقة التقليدية) كما أن محتوى الرماد ash (١,٦ مقابل ٠,٩٪) وتركيز اللاكتوز (٥,١ مقابل ٢,٨٪) يرتفع بدرجة كبيرة . كما أنه من الصعب الوصول إلى pH المرغوب فى الجبن الطازج نظراً لأرتفاع محتوى البروتين فى مركز UF .



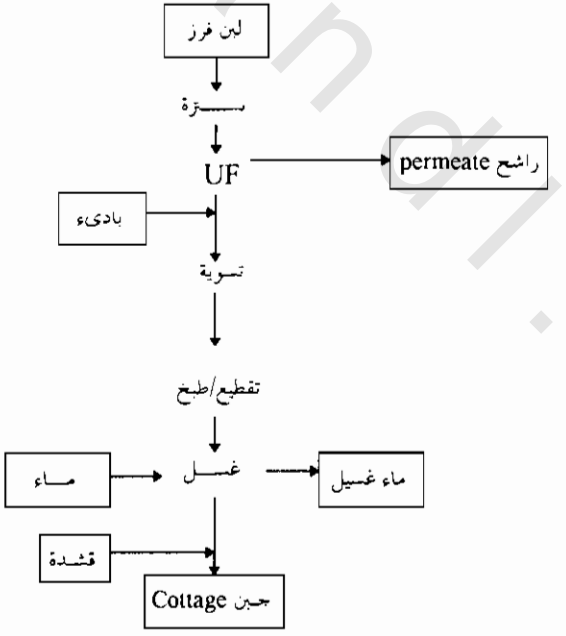
شكل ٤-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن الكوارج بطريقة UF لخثرة اللبن الفرز

ترشيح اللبن الفرز المتجبن بفعل الحامض بطريقة UF يعتبر أفضل هذه الطرق لأستخدام UF فى إنتاج جبن كوارج طازج . وتعتبر طريقة تركيز كامل حيث ترفع المادة الصلبة إلى المستوى الموجود فى الناتج النهائى . ويتم فى هذه الطريقة أتباع خطوات الطريقة التقليدية من حيث إضافة البادىء وطرد الرطوبة الزائدة . التعديل الرئيسى فى

هذه الطريقة هو أستبدال الفراز بطريقة UF لأحتجاز بروتينات الشرش فى جبن الكوارج. يتضمن خط الإنتاج فى هذه الطريقة (شكل ٤-٨) تسخين اللبن الفرز لدرجة ٩٠-٩٥°م لمدة ٣-٦ دقائق وبعد التبريد يضاف البادىء ويحضن اللبن وعندما يصل pH إلى ٤,٥ - ٤,٦ يتجبن اللبن ، تقلب الخثرة ، تسخن لدرجة ٥٦٠م لمدة ٥ دقائق، ترشيح بأستخدام UF عند ٥٥°م لتركيز المادة الصلبة إلى المستوى الموجود فى الناتج النهائى (١٧-٢٠٪) وأخيراً يبرد الناتج فى مبرد أنبوبى .

٥-٦-٢- جبن Cottage

فى صناعة جبن Cottage يركز اللبن عادة إلى تركيز أعلا عما هو متبع فى جبن الكوارج نظراً لأرتفاع المادة الصلبة فى النوع الأول . تعتمد طريقة إنتاج جبن Cottage بأستخدام UF على معامل تركيز ٥ : ١ حيث يركز اللبن الفرز بعد البسترة بواسطة UF ثم يضاف البادىء . تقطع الخثرة الناتجة وتطبخ وتغسل . يعدل محتوى الدهن بإضافة القشدة وفى هذه الطريقة تقل غسل الخثرة بدرجة كبيرة جداً أو تستبعد تماماً نظراً لعدم وجود شرش سائل يراد التخلص منه . يرتفع محصول جبن Cottage بحوالى ٢٠٪ (شكل ٥-٨) .



شكل ٥-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن Cottage بأستخدام UF

جبن Cottage التقليدية تحتوى فقط على حوالى ٣٠-٦٠ ملليجم كالسيوم لكل ١٠٠ جرام بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى التى تحتوى على ٧٠٠ - ٩٠٠ ملليجم /١٠٠ جرام . لذلك يعتقد أن زيادة محتوى الكالسيوم فى جبن Cottage من لبن UF قد يساهم بدرجة أفضل فى تغطية الأحتياجات الغذائية للمستهلك من الكالسيوم .

٥-٦-٣ الجبن الأبيض

يطلق الجبن الأبيض على مجموعة من المنتجات التقليدية التى تنتج وتستهلك على نطاق واسع فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط والبلقان . وتختلف طريقة الصناعة لحد ما من دولة إلى أخرى وكذلك تركيب الجبن الناتج ولكن جميع هذه المنتجات تكون مرتفعة فى محتوى الملح والتى تعطى للنتائج قوة حفظ أفضل حتى تحت الظروف الصعبة . ونظراً لأن معظم اللبن المتوفر فى هذه المنطقة يكون لبن الغنم فإن الجبن يكون لونه أبيض والذى يعتبر أحد صفات الجودة أو يهتم بها المستهلك .

من أنواع الجبن الأبيض الرئيسية الفتا Feta . يعتبر اليونان وبلغاريا والمجر من الدول الرئيسية المصدرة لهذه الجبن وقد دخلت الدنمراك حديثاً كمصدر رئيسى للمنتجات الناتجة من اللبن البقرى بأستخدام UF .

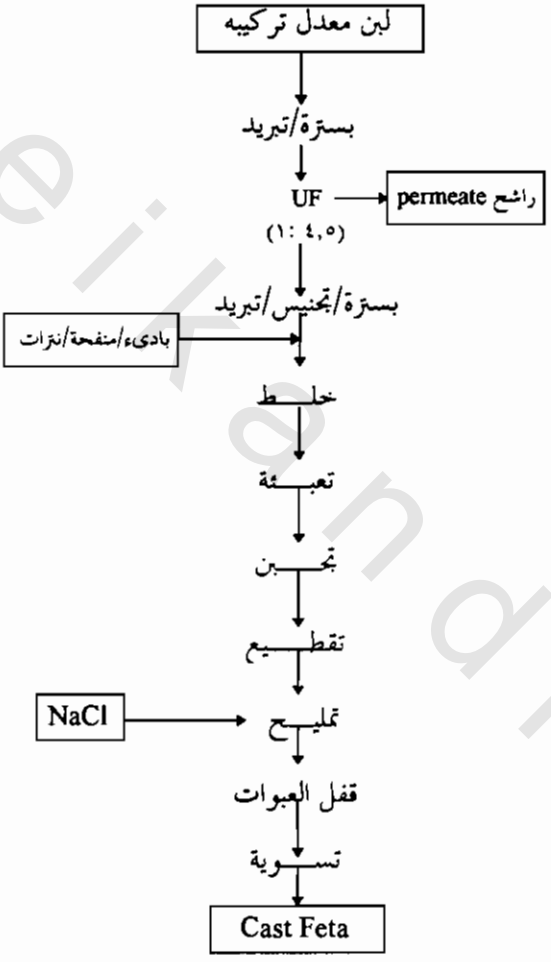
الطريقة التقليدية لصناعة هذه الجبن تتضمن تدفئة اللبن مع إضافة بادىء مناسب ومنفحة ثم تقطع الخثرة الناتجة ثم تترك الخثرة لتتجمع وتنكمش وتطرد الشرش ثم تقطع بعد ذلك إلى مكعبات وتغمر عادة فى محلول ملحى فى صفائح للتسوية والتخزين . تتميز هذه الجبن بتركيب مفتوح نوعاً ما وطعم ملحى يشوبه زناخة خفيفة .

عند استخدام UF فى هذه الجبن (شكل ٦-٨) يتم ترشيح اللبن بطريقة UF إلى نسبة تركيز حوالى ٤,٥ : ١ حيث يحتوى المركز على تركيب مماثل للجبن النهائى . تبلغ المادة الصلبة فى المركز حوالى ٣٥-٤٠٪ ، إضافة الملح يزيد من محتوى الجوامد إلى حوالى ٤٣٪ . يسخن المركز ويبرد ويضاف إليه البادىء والمنفحة والمواد الأخرى والتى تتضمن عادة النترات للحد من نمو البكتريا المتجرثمة . ثم تعبأ العلب بالمركز حيث يتم التجبن . تعتبر هذه الطريقة للإنتاج بسيطة عندما يتجبن مركز UF ، يحمض ويملح فى العبوات التى يسوق بها ، لذلك فإن معظم استخدام طريقة UF حتى الأن يتركز فى إنتاج جبن الفتا Feta .

جبن الفتا بأستخدام UF تكون مماثلة فى تركيبها للجبن التقليدى حيث تحتوى على ٦٠٪ رطوبة (حد أقصى) ، ٤٠٪ دهن فى المادة الجافة ، ٥٪ ملح (حد أقصى) ولكن

تختلف فى التركيب البنائى texture حيث لا تحتوى على فراغات وبالتالى يكون لها أحساس مختلف فى الفم ولكن المذاق متماثل بدرجة كبيرة .

يطلق على هذه الجبن ذات التركيب المقفول Cast Feta حيث أن هذه الجبن توضع مباشرة فى العبوة النهائية التى تسوق بها كما تتميز بتركيب متجانس .



شكل ٦-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن Feta بطريقة UF

أرتفاع محتوى الملح وإضافة الليبيز قد يساعد على أخفاء كثير من عيوب الطعم المحتملة فى جبن Cast Feta مثل المرارة الناتجة من وجود الأملاح بدرجة زائدة . وجود

بروتينات الشرش يجعل الجبن أكثر نعومة فى التركيب مقارنة بالجبن التقليدى . ونظراً لأن هذا التركيب غير مقبول بصفة عامة فى بعض الدول مثل اليونان إلا أنه يحظى بقبول المستهلك فى كثير من دول الشرق الأوسط. نتيجة لتحلل البروتين أثناء التسوية فإن ذلك يؤدى إلى فقد مضطرد للنتروجين الذائب فى المحلول الملحى قد يصل إلى ١٥٪ من البروتين الكلى فى جبن الفتا الناتج بطريقة UF بعد ٣ شهور فى التخزين فى محلول ملحى ولكن تحلل البروتين يكون عادة على درجة كبيرة من الأهمية حيث أنه مسئول جزئياً عن درجة الأحساس بالنعومة فى الفم .

مزايا صناعة جبن الفتا بأستخدام UF تتلخص فيما يلى :

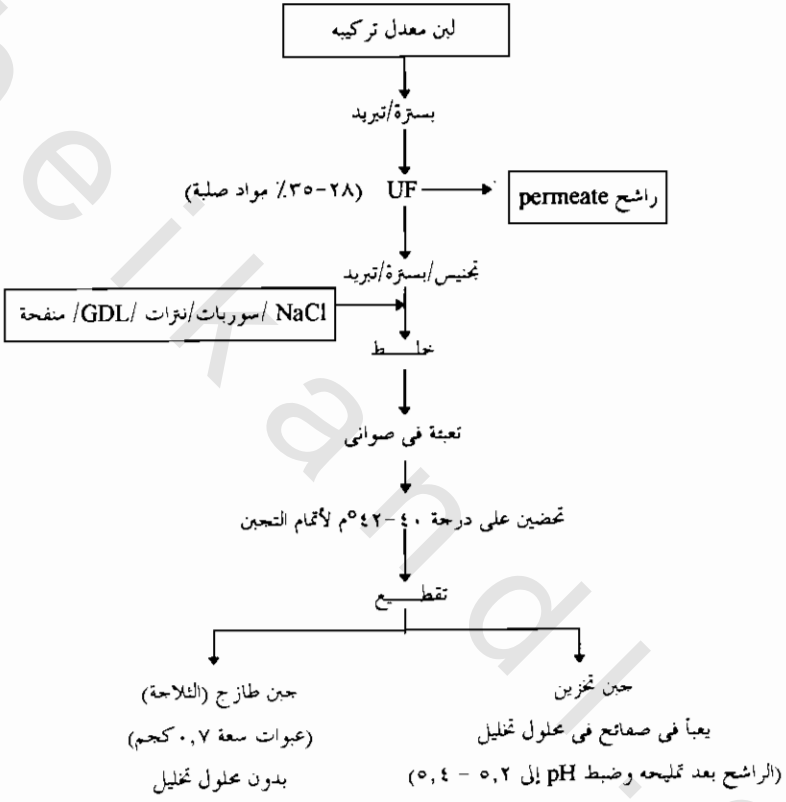
- زيادة محصول الجبن بحوالى ٢٥-٣٠٪ .
- تقليل كمية المنفحة بحوالى ٨٠٪ .
- لا يوجد فقد للدهن مع الشرش .

كما يمكن صناعة الجبن من لبن مركز جزئياً بأستخدام UF وفى هذه الطريقة يتم بسترة اللبن المعدل فيه نسبة الدهن ويجنس عموماً عند ١٨ MPa عند درجة ٦٠°م ويتم ترشيحه بأستخدام UF عند ٥٠°م . يحتوى المركز النهائى retentate على ٢٨,٥٪ جوامد كلية والذى يماثل معامل تركيز ٣ : ١ . يضاف الليبيز ، البادئ أو glucono-δ-lactone (GDL) إلى مركز UF ، الذى سبق تجنيسه عند ٥ MPa عند ٦٥°م ، ويسخن إلى درجة ٨٠°م لمدة ٦٠ ثانية ويبرد إلى ٣٤°م . بعد التخزين لفترة قصيرة فى خزان يضخ مركز UF إلى جهاز Alfa-Laval Alcurd or Pasilac حيث تخلط المنفحة جيداً ويتجبن مركز UF فى أنابيب . تزال الخثرة المتكونة من الأنابيب وتقطع وتشكل ويفصل الشرش (١٦-٢٤ ساعة عند ١٠-١٤°م) حتى ينخفض pH إلى ٤,٨ . عادة الناتج من هذه الطريقة يكون مماثلاً فى المظهر والتركيب للناتج بالطريقة التقليدية . تحقق هذه الطريقة زيادة فى المحصول تقدر بحوالى ١٤٪ على أساس الجوامد الكلية مقارنة بالطريقة التقليدية والتى تعتبر زيادة ضئيلة بالنسبة للزيادة التى تحققها الطريقة السابقة والتى تصل إلى ٣٠٪ لذلك فإن عدد قليل من المصانع تستخدم هذه الطريقة .

٥-٦-٤- الجبن الدمياطى

تم أستخدام UF فى إنتاج الجبن الدمياطى بأستخدام لبن مسترجع reconstituted milk . فى هذه الطريقة يتم ترشيح لبن فرز مسترجع (١٠٪ جوامد كلية) بأستخدام UF إلى معامل تركيز ٤ : ١ مع تجنيس المركز الناتج retentate مع دهن لبن نقى للحصول

على ١٠-١٢٪ دهن فى الناتج النهائى لإنتاج ما يعرف بالجبن ثم يضاف الملح لإنتاج ما يعرف بالجبن الأولى precheese بمعدل ٥٪ ، والبادىء بمعدل ٠,١٪ ، $CaCl_2$ ٠,٠٢٪ ، الليبيز ٤ جرام / ١٠٠ جرام والمنفحة . يتم تجبن اللبن المركز مباشرة فى علب معدنية أو عبوات من البلاستيك .



شكل ٧-٨ : رسم تخطيطى لصناعة الجبن الدمياطى بطريقة UF

كما تم إنتاج جبن دمياطى من لبن تم تركيزه بأستخدام UF إلى معامل تركيز ٤ (٣٤٪ مواد صلبة) . كمية المنفحة المضافة أنخفضت بحوالى ٩٠٪ وزاد محصول الجبن بحوالى ٢٠٪ وكان صفات الجبن الناتج مماثلة للجبن الناتج بالطريقة التقليدية . عند صناعة جبن دمياطى من اللبن الجاموسى بأستخدام UF كان الجبن الناتج أكثر طراوة عن الجبن التقليدى والطعم مماثل لطعم الجبن كامل التسوية مع حموضة أعلا بدرجة طفيفة . كما تم إنتاج جبن دمياطى من خلط لبن مسترجع مركز بأستخدام UF مع قشدة حدث لها تحلل

للدهن نتيجة إضافة أنزيم ليبيز كما تم أستخدام UF فى صناعة جبن القريش بالتجبن الحامضى بإضافة بادئ ووجد أن جبن القريش الناتج بطريقة UF (معامل تركيز ٦ : ١) كانت مماثلة فى الجودة الحسية للجبن التقليدى مع زيادة فى محصول الجبن وأختصار مدة التصنيع بحوالى ٤٠٪ . كما وجد أخرون أن جبن قريش UF أعلا فى الرطوبة ، البروتين ، الدهن ، النتروجين الذائب ، NPN والأحماض الأمينية الحرة والأحماض الدهنية الحرة وكذلك pH مقارنة بالجبن الناتج بالطريقة التقليدية بالإضافة إلى أن الصفات الحسية لهذه الجبن كانت أفضل .

ويتم حالياً صناعة الجبن الدمياطى بأستخدام UF فى مصانع الألبان فى مصر (شكل ٧-٨) حيث يتم تعديل تركيب اللبن إلى ٣,٥٪ دهن ، ٨,٢٪ جوامد لا دهنية ثم البسترة على درجة ٨٥°م لمدة ١٥ ثانية . يتم تركيز اللبن عند درجة ٥٠-٥٥°م بواسطة UF إلى ٣٥٪ مواد صلبة (٢٨٪ مواد صلبة فى حالة جبن الثلاجة) ثم يجنس المركز ويبستر مرة أخرى ثم تضاف إلى المركز الملح بنسبة ٣-٥٪ (٣٪ فى الجبن الطازج (الثلاجة) ، ٥٪ فى جبن التخزين) مع السوربات (٦٠جم/طن) ، GDL (حوالى ١٪) وقد يضاف نترات البوتاسيوم ثم تضاف المنفحة (مايعادل ٢٠٪ من كمية المنفحة المستخدمة فى الطريقة التقليدية) . بعد الخلط الجيد يعبأ المركز فى صوانى ويتم أدخالها إلى الحضانة على درجة ٤٠-٤٢°م حيث تم التجبن فى مدة ١-١,٥ ساعة . تبرد الخثرة بعد ذلك إلى درجة ٥-١٠°م خلال ٧-٨ ساعات ثم تقطع وتعبأ فى صفائح فى محلول تخليل راشح UF بعد معاملته حرارياً وإضافة الملح ٨-١٠٪ بحيث يكون تركيز الملح فى محلول التخليل معادل لتركيزه فى مصل الجبن مع ضبط pH إلى ٥,٢-٥,٤) وذلك فى حالة جبن التخزين أو تقطع وتعبأ فى عبوات بلاستيكية سعة ٠,٧ - ١ كجم للجبن الطازج . فى بعض مصانع القطاع الخاص والإستثمارى يتم تعبئة المركز بعد إضافة المنفحة فى عبوات تترابك tetrapak حيث يتم التجبن وتسوق الجبن فى هذه العبوات . تتميز هذه الطريقة بأرتفاع محصول الجبن حيث تبلغ الزيادة أكثر من ٢٠٪ مقارنة بالطريقة التقليدية بالإضافة إلى المزايا الأخرى السابق ذكرها فى صناعة الجبن بأستخدام UF

٥-٦-٥- جبن الموزاريلا Mozzarella

وهو نوع من الجبن الأيطالية من أنواع الخثرة البلاستكية pasta filata وهى جبن طازجة نصف جافة وتصنع معظم هذه الجبن حالياً من اللبن البقرى وكانت تصنع فيما قبل من لبن جاموسى وتستخدم بدرجة كبيرة فى صناعة البيتزا .

تقسم جبن الموزاريلا إلى نوعين طبقاً للمواصفات الأمريكية :

- جبن مرتفعة الرطوبة . تحتوى على ٥٢-٦٠٪ رطوبة ، ٣٠٪ أو أعلا دهن فى المادة الجافة .
- جبن منخفض الرطوبة . تحتوى على ٤٥-٥٢٪ رطوبة ، ٣٠٪ أو أعلا دهن فى المادة الجافة.

عند إنتاج النوع الأول من الجبن بأستخدام UF يتم فرز اللبن الكامل إلى لبن فرز وقشدة بلاستيكية تحتوى على ٧٦٪ دهن . يتم تحميض اللبن الفرز بإضافة حمض الخليك إلى pH ٦,٠ لإزالة الكالسيوم ثم يتم ترشيحه باستخدام UF ويخلط المركز الناتج retentate مع القشدة البلاستيكية لإنتاج جبن أولى precheese يحتوى على حوالى ٢٠٪ دهن ، ٢٨٪ بروتين . تلقح الجبن بباديء محب للدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic starter مع إضافة المنفحة مباشرة قبل دخول اللبن وحدة التجبن . يتم بعد ذلك تسخين وعجن وتشكيل وتمليح الخثرة (تمليح رطب) . تعتمد طريقة إنتاج جبن موزاريلا منخفضة الرطوبة على أستخدام مركز يحتوى على ٥٠-٥٣٪ مواد صلبة.

٥-٦-٦- جبن الريكوتا Ricotta

جبن غير مسواه يصنع على نطاق واسع فى ايطاليا واليونان وغالباً ما يتم أنتاجه بغليان شرش الجبن الحامضى من لبن الغنم . ومع ذلك فى الولايات المتحدة والأرجنتين تصنع جبن الريكوتا من لبن البقر فقط الذى قد يكون كاملاً أو تم فرزه جزئياً أو لبن كامل مخلوط مع شرش .

إذا أستخدمت UF فى صناعة جبن الريكوتا ، يتم بسترة اللبن المعدل أو مخلوط اللبن والشرش ويركز بأستخدام UF للحصول على التركيز المناسب . يسخن المركز إلى ٨٠°م ، يضاف الحامض حيث يتكون التركيب البنائى للجبن . بعد التبريد تعبأ الجبن . تتميز هذه الطريقة بعدة مزايا :

- لا يوجد فقد فى الناتج .
- صفات جودة موحدة ومرتفعة فى الناتج .
- طريقة صناعة مستمرة .
- تكاليف الطاقة أقل .
- مدة حفظ طويلة .

يمكن إنتاج ٢٧ كجم جبن ريكوتا UF من ١٠٠ كجم لبن . تحتوى هذه الجبن على

٢٩,٤٪ جوامد كلية ، ١٢,٦٪ دهن ، ١٣,٧٪ بروتين ، ١,٢٪ رماد ، pH ٥,٩.

٥-٦-٧- جبن قشدة Cream cheese

توجد أنواع مختلفة من القشدة مختلفة فى محتواها من الدهن والمادة الجافة ولكن جبن القشدة المألوفة تحتوى على ٤٥٪ جوامد كلية ، ٧٠٪ دهن فى المادة الجافة . هناك طريقتان لصناعة هذه الجبن بأستخدام UF :

الطريقة الأولى : يركز اللبن الفرز بأستخدام UF عند حوالى ٥٠°م للوصول إلى ٢٧,٦٪ جوامد كحد أقصى . يضاف القشدة (٦٧-٦٩٪ دهن) إلى المركز كما يضاف permeate أو ماء لتعديل تركيب المخلوط إلى تركيب جبن القشدة طبقاً للمواصفات ثم يلقح ببادىء بكتريا حمض اللاكتيك وبعد تمام التخمر يضاف الملح والمثبتات . يسخن الناتج لدرجة ٥٤°م ، ثم يجنس ويعبأ ساخناً . وقد أقترح تركيز اللبن بأستخدام UF إلى معامل تركيز ٤,٧ : ١ مع خلط المركز بقشدة مركزة تحتوى على ٧٠٪ دهن .

الطريقة الثانية : عندما تستخدم القشدة يتم تعديل نسبة الدهن إلى ١٠٪ ثم تبستر وتحمض إلى pH ٤,٦ ثم تركز بأستخدام UF إلى التركيب النهائى وأخيراً تعبأ وتبرد .

يمكن الحصول على ٤٢,١ كجم من جبن قشدة من ١٠٠ كجم لبن فرز مضاف إليها ٣٨ كجم قشدة ٤٠٪ دهن . تحتوى جبن القشدة على ٤٨,٤٪ جوامد كلية ٩,١٪ بروتين ، ٣٥,٣٪ دهن . جبن القشدة الناتجة بأستخدام UF مماثلة لجبن القشدة التقليدية ولكن تحتوى على رماد أعلا (٣,٧ مقابل ٢,٧٪ فى المادة الجافة) ولاكتوز أقل (٥,٦ مقابل ٨,٦٪ فى المادة الجافة) . محتوى Na ، K متماثل ، بينما قيم Ca ، P مرتفعة فى جبن UF (٠,١٤ مقابل ٠,٠٦٪ ، ٠,١٢ مقابل ٠,٠٩٪ على التوالى) .

٥-٦-٨- الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese

يتم إنتاج جبن Danablue ، جبن دنماركية معرقة بالفطر ، بأستخدام UF حيث يتم تعديل تركيب اللبن ويبستر ويجنس قبل تركيزه بطريقة UF إلى ٤٠٪ جوامد كلية . يضاف الفطر ، البادىء والمنفحة إلى المركز retentate ثم يوضع المخلوط فى وحدة التجبن المستمر continuous coagulator . بعد التجبن يقطع المركز قطع صغيرة وتعبأ فى القوالب . بعد صرف كمية قليلة من الشرش تملح الجبن بملح جاف ، تمليح رطب ، تثقيب ، تسوى ثم تعبأ . هذه الطريقة تسمح بإنتاج مستمر للجبن . يحتوى الجبن الناتج على ٥٥٪ جوامد كلية ٥٠٪ دهن فى المادة الجافة . الصفات الحسية فى جبن UF مماثلة للجبن التقليدى بينما وجد آخرون أن الصفات كانت غير متماثلة حيث كانت صفات

الجبن التقليدية أفضل .

٥-٦-٩- جبن نصف جافة Semi-hard cheese

عندما يستخدم UF فى صناعة الجبن النصف جافة والجبن الجافة فإنه من الصعب الوصول إلى تركيز الجوامد الكلية والبروتين فى الجبن الأولية precheese إلى المستوى الموجود فى الناتج النهائى. عموماً فإنه من الصعب تركيز اللبن بأستخدام UF إلى مثل هذا التركيز المرتفع من المواد الصلبة لذلك فإن استخدام UF فى إنتاج الجبن الجافة والنصف جافة غالباً ما تؤدى إلى إنتاج جبن منخفضة الجودة وتختلف عن الجبن الناتجة بالطرق التقليدية ومع ذلك فإن هناك بعض الأجراءات التى يمكن أستخدامها للتغلب على هذه المشكلة :

١. يمكن زيادة المادة الجافة فى مركز UF بالتبخير للوصول إلى مستوى المادة الجافة فى الجبن .
٢. تسخين مركز UF لدنترة بروتينات الشرش وتكوين معقد مع الكازينات وبذلك يحتجز بروتينات الشرش فى الخثرة ولا يفقد فى الشرش .
٣. استخدام الأغشية المعدنية mineral membranes التى تسمح بتركيز اللبن إلى محتوى بروتين أعلا.
٤. إضافة مركز بروتين شرش مجفف أو مركز لبن كامل إلى مركز UF قد يساهم فى زيادة محتوى البروتين إلى التركيز المرغوب .

أجريت عدة تجارب على استخدام مركزات UF بنسبة تركيز تصل إلى ٥ : ١ فى صناعة جبن Havarti وهى جبن دنماركية نصف طرية تحتوى تقريباً على ٢٦٪ دهن ، ٥٦٪ جوامد . نظراً لأرتفاع القدرة التنظيمية لمركزات UF فإنه يستخدم كمية أكبر من البادىء عن الطريقة التقليدية كما أن طعم جبن UF مماثل لطعم الجبن التقليدى ومع ذلك كان التركيب أكثر طراوة والقدرة على الأنصهار ضعيفة .

جبن الجودا الناتجة من مركزات UF (٥ : ١) كانت مماثلة لجبن المقارنة الناتج من لبن طبيعى من حيث الرطوبة والصلابة وتحليل البروتين كما كان هناك توفير فى تكاليف المنفحة تصل إلى ٣٣٪ كما أمكن الأسراع من تسوية الجبن وظهور الطعم المميز بأستخدام أنزيم فى كبسولات ليبوسوم أو خلايا *Lb.helvticus* المعاملة بصدمة حرارية .

٥-٦-١٠- جبن جافة Hard cheese

صناعة أنواع من الجبن الجافة بأستخدام UF محدودة جداً نظراً لأنه من الصعب

الوصول إلى محتوى المادة الجافة فى الجبن فى مركز UF لذلك فإنه ما زال يحدث طرد للشرش مع فقد لبروتينات الشرش مع الشرش . وقد أجريت محاولات كثيرة لصناعة جبن التشدر بأستخدام UF ومن هذه المحاولات:

١. تركيز الشرش بأستخدام UF إلى محتوى من الجوامد الكلية يتراوح بين ٩,٨ - ٢٠,٣٪ (٤,٣ - ٧,١٪ بروتين) ثم يسخن لدرجة ٧٥°م لمدة ٣٠ دقيقة . إضافة هذا المركز إلى لبن الجبن يؤدى إلى زيادة محصول الجبن بحوالى ٤٪ عند مستوى ثابت من الرطوبة .

٢. تدعيم لبن الجبن بإضافة مركز لبن كامل ناتج بأستخدام UF ومعامل تركيز ٤,٥ : ١ بمعدل يختلف من ١ : ١ ، ١,٩ : ١ بروتين كلى وذلك لصناعة جبن تشدر . وقد وجد أن أفضل جودة للجبن الناتج تم الحصول عليه بتدعيم اللبن إلى ١,٧ : ١ بروتين كلى .

٣. يمكن إنتاج جبن تشدر أيضاً من لبن مجفف مسترجع UF ولكن مستوى تحلل البروتين يكون أقل من الجبن المصنع بالطريقة التقليدية .

لا يوجد فرق كبير فى التركيب الكيماوى للجبن التشدر الناتجة بالطريقة التقليدية وجبن UF حيث كانت الرطوبة ٣٧,٥٪ مقابل ٣٦,٩٪ ، الدهن ٣٢,٤٪ مقابل ٣٠,٧٪ ما عدا البروتين كان ٢٣,٩ مقابل ٢٧,٧٪ .كما تم صناعة جبن جافة أخرى مثل بعض أنواع من جبن التشدر والجبن السويسرية مثل الأمينتال والرأس على نطاق تجريبى .

كما تم إنتاج جبن تشدر بأستخدام UF على مستوى صناعى بطريقة تعرف بـ " APV- Siro Curd". بدأت هذه الطريقة فى أستراليا ويوجد حالياً مصنع على مستوى تجارى فى استراليا وفى ولاية منيسونا (الولايات المتحدة الأمريكية) حيث يوجد مصنع فى هذه الولاية يقوم بالتعامل مع حوالى ٨٠٠,٠٠٠ كجم لبن يومياً ويشغل هذا المصنع مساحة ١٢,٠٠٠ م^{٢} .

طريقة APV-Siro Curd طريقة مستمرة لصناعة الجبن تستخدم معدات لتجبن اللبن وأخرى لطرد الشرش والتى تحل محل أحواض الجبن التقليدية . يركز اللبن بأستخدام UF إلى ٤٠-٤٥٪ جوامد كلية عند ٥٠-٥٥°م . يعدل محتوى اللبن من الكالسيوم واللاكتوز بطريقة diafiltration . يتم تخمير جزء قليل من المركز retentate بإضافة بادىء بكتريا حمض اللاكتيك إلى pH ٥,٤ ، والذى يستخدم كبادىء إضافة bulk starter فى صناعة الجبن حيث يضاف إلى باقى المركز بنسبة ١٠-١٢٪ . عند pH ٦,٣-٦,٥ تضبط درجة

الحرارة إلى ٣٠-٣٥°م وتضاف المنفحة . يضخ المخلوط إلى الجزء الأسطوانى الخاص بالتجبن rennet coagulator drum والذى يتكون من ٦ براميل barrels ، يبلغ طول كل منها أكثر من ٦ متر حيث تتكون الخثرة فى مدة ١٤-١٨ دقيقة (وهى المدة التى يستخدمها المخلوط فى المرور خلال هذه البراميل). تقطع الخثرة عند خروجها من هذه البراميل إلى مكعبات وتنقل إلى أسطوانات دائرية كبيرة حيث تسخن إلى درجة ٣٨°م . يبلغ مدة الحجز فى الأسطوانتين ٤٨-٥٢ دقيقة . بعد الوصول إلى pH المناسب تنقل الخثرة إلى جهاز فصل الشرش ، حيث تجمع الخثرة وتتم عملية الشدرنة بطريقة مستمرة ، يتم تجميع الخثرة فى حوالى ١١٠ دقيقة . تطحن الخثرة بعد ذلك وتملح وتكبس ثم تعبأ . تبلغ الزيادة فى المحصول الناتج حوالى ٦-٨٪ ويكون تركيب وجودة الجبن الناتج موحدة. طريقة الصناعة بهذه الطريقة مستمرة وتعمل بطريقة أتوماتيكية كاملة .

٥-٦-١١- الجبن المطبوخة Processed cheese

من الصعب صناعة جبن مطبوخة بالطريقة التقليدية مباشرة من جبن جافة ونصف جافة UF حيث أن هناك أختلافات فى الصفات بين جبن UF والجبن التقليدية . الجبن التقليدية تنضهر بينما جبن UF تنضهر بدرجة بسيطة وذلك نتيجة لأرتفاع محتوى الكالسيوم فى جبن الجبن الأخيرة . استخدام UF فى صناعة الجبن المطبوخ يعتمد على أنتاج cheese base الذى يعتبر إنتاجاً جديداً تماماً ويتم إنتاجه بهدف أحلال جبن التشدر أو أنواع أخرى أحلالاً جزئياً أو كلياً فى إنتاج الجبن المطبوخة ومفرود الجبن المطبوخ cheese spreads .

يجب أن يحتوى cheese base على ٥٨-٦٢٪ جوامد كلية ، ٤٥-٥٠٪ دهن فى المادة الجافة وأن يكون pH ٥,٢ . يركز اللبن المعدل بواسطة UF إلى ٤٠٪ جوامد كلية ويجب تخفيض محتوى اللاكتوز بواسطة diafiltration إلى مستوى معين والذى يضمن أن زيادة الحموضة بعد ذلك تقف عند pH ٥,٢ . يضاف الملح والبادىء للمركز وعندما يصل pH إلى ٦,٤ يركز المركز retentate بدرجة أكبر فى جهاز تركيز خاص إلى المستوى المرغوب من الجوامد الكلية . يعبأ الناتج فى العبوات عندما تصل الحموضة إلى pH ٥,٢ وبذلك يزيد محصول الجبن المطبوخة بحوالى ١٦٪ .وقد وجد أن cheese base الناتج بهذه الطريقة يكون مماثلاً فى pH والتركيب الأجمالى لجبن التشدر كما يتميز بطعم وقوة حفظ جيدين ولكنه خال من صفات القوام والتركيب المميزة لجبن التشدر .

عادة تتكون الجبن المطبوخ أساساً من محلول من بروتينات /ببيتدات ذائبة مع مظهر