

الفصل الثامن

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

١ - مقدمة

بدأ فى أواخر السيتينات الأستفاداة مسن طرق الفصل بالأغشية membrane separation فى مجال الألبان والى أحدثت ثورة كبيرة فى صناعة الجبن من خلال استخدام الترشيح الفائق (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 للتعجين المنفحة ، تركيز اللبن فى المزارع (مناطق الإنتاج) ، إزالة البكتريا من لبن الجبن بالترشيح الدقيق (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 استخدام 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 ١٠^٢ - ١٠^٦ دالتون من المحلول وحجمها الجزيئى ٠,٠٠١ إلى

٢, ٠, ٠٢ μm . عادة يدفع السائل إلى سطح الغشاء وتحت ضغط منخفض نسبياً. يتم فصل اللبن بواسطة UF إلى (i) راسح permeate (يعرف أيضاً بالـ ultrafiltrate) الذى يحتوى على الماء ، اللاكوز ، 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 μm . لذلك فإن الدهن ، البروتينات ، اللاكوز 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 μm 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 ٦-٨ : الفروق الرئيسية بين الطرق المختلفة للفصل بالأغشية

MF	RO	UF	
١٠-٠,٠١	أقل من ٠,٠٠١	٠,٠٢-٠,٠٠١	• حجم المواد الذائبة المحتجزة (μm)
أكبر من ١٠	أقل من ٢٠	٢٠-١٠	• الوزن الجزيئى للمواد المحتجزة (dalton)
أقل من ٢	أعلا من ٢٠	١٥-١	• ضغط التشغيل (bar)
أكثر من ٣٠٠	٣-٣	٣٠-٣٠	• معدل إنتاج permeate السائل (لتر/م ^٢ /ساعة)

يعتبر UF ، RO من أكثر طرق الفصل بالأغشية استخداماً فى مجال الألبان ، كما يمكن الاستفادة فى السنوات الأخيرة من MF فى مجال الألبان . وحديثاً استخدمت طريقة جديدة من طرق الفصل بالأغشية فى 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 300-1000 دالتون ويحتجز الباقي . 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 1983 تم تركيب أغشية بلغت مساحتها الكلية إلى 80,000م² معظمها فى الولايات المتحدة لتحويل الشرش إلى مركز بروتين شرش . وحالياً يتم معاملة حوالى 9% من الإنتاج العالمى من الشرش بواسطة UF لإنتاج 40,000 - 70,000 طن من مركز بروتين الشرش سنوياً طبقاً لمحتوى المركز من البروتين . كما تم إدخال UF فى تصنيع الألبان حديثاً حيث تم تركيب أغشية بلغت مساحتها 19,000م² لمعاملة اللبن بواسطة UF عند نهاية عام 1983 . الاستخدام الأساسى لمعاملات UF تتركز فى إنتاج جبن الكوارج وأنواع الجبن الطرية وقد وجد أن أكثر من 150,000 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 804م² يوجد منها 285م² فى مصانع ألبان قطاع الأعمال موزعة على ستة مصانع وباقى المساحة وقدرها 519م² موجودة فى مصانع القطاع الخاص والاستثمارى . يتركز استخدام 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 (الخلزونية) 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 خلاصات السليلوز cellulose acetate أكثر شيوعاً فى طريقة UF ، RO ولكن تم أحلالها حالياً بأغشية بولى سلفون polysulphone وخاصة فى UF . كما توجد أنواع أخرى من أغشية البلمرات 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 بـ ١٨ شهراً للأغشية الأخرى . ومن الأغشية الشائعة في UF في مصر هي أغشية البولي سلفون والسيراميك .

٣- استخدام RO في صناعة الجبن

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

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

٤- استخدام MF في صناعة الجبن

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

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 um عند درجة حرارة بين ٣٥-٥٠م° . تبلغ كمية الراسب retentate فى هذه الطريقة ٥٪ من حجم اللبن الداخلى 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 (١١٥-١٢٠م° لمدة ٣ ثوان) فى معاملة مخلوط القشدة والراسب الذى 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^٢) فى وحدة زمن (ساعة) ، يتراوح من ٥٠٠-٧٠٠ لتر/م^٢/ساعة لمدة ١٠ ساعات مع إزاحة 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 المتحرمة مثل *B.cereus* أو *C.tyrobutyricum* وقد يرجع ذلك إلى التصاق جراثيم البكتريا بجزء من جدار الخلية وبالتالي يودى 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 ل MF أما لا مما يدل على أن هذا النوع من البكتريا قد يكون ملتصق بالخلايا السوماتية 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 إلا أن هذه العملية تسبب كثير من المشاكل فى إنتاج جبن مرتفع الجودة من لبن على درجة فائقة من النظافة ultra-clean الذى يطلق عليه صانعو الجبن "dead milk" . وقد أجريت كثير من البحوث للتعرف على طبيعة ودور ونمو بادئ التسوية فى مثل هذه الألبان فى صناعة الجبن حيث وجد أن كل نوع من الجبن يحتاج إلى دراسة مفصلة . كما وجد أن جبن الأميثال الناتج من لبن سبق تعريضه لعملية bactocatch يحتاج إلى إضافة خليط من سلالات معينة من بكتريا حمض اللاكتيك بالإضافة إلى بادئات محبة للحرارة المعتدلة وبادئات محبة للحرارة المرتفعة وبكتريا حمض

البروبيونيك إلى هذا اللبن في البداية عند صناعة الجبن .

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

٥- استخدام UF في صناعة الجبن

يمكن استخدام UF في صناعة الجبن بعدة طرق منها :

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

٢ . إنتاج جبن أوليه "precheese" حيث يركز اللبن إلى مركز retentate يحتوي على جوامد كلية مماثلة لتركيزها في الجبن النهائي . يوضع المركز بعد إضافة البادىء والمنفحة في القوالب ونظراً لأن ذلك قد يصاحبه صرف محدود للشرش فيان 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 البنائي texturization للناتج النهائي . يلاحظ أن هذه الطريقة تؤدي إلى زيادة محصول الجبن بدرجة ملحوظة ولكن يتطلب الأمر استخدام معدات خاصة لتصنيع المركز إلى الجبن . وتستخدم هذه الطريقة في إنتاج جبن فنا القوالب structured Feta ، الموزاريللا ، الجبن المعرقة بالفطر الدمغراكية Danablu cheese .

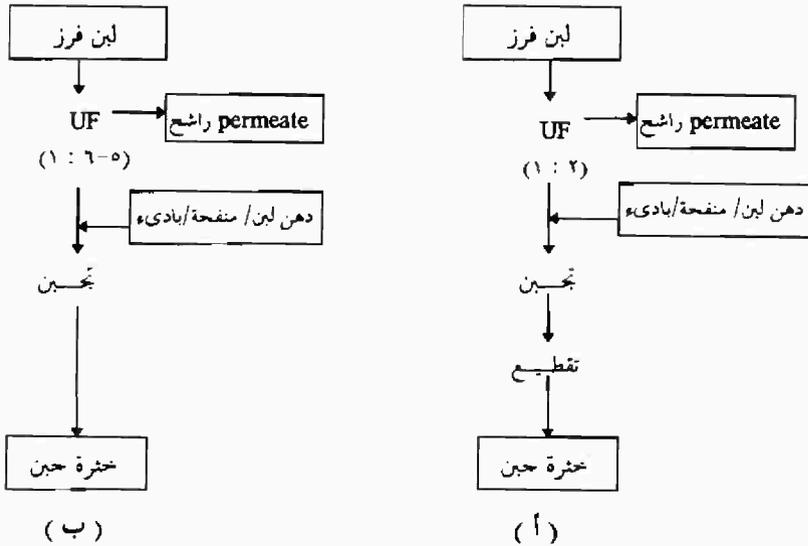
٤. تركيز الشرش باستخدام UF لإنتاج مركز بروتينات الشرش الذى يعاد إلى حوض اللبن كمعلق slurry . إضافة بروتين الشرش المتحصل عليه من الشرش إلى لبن الجبن أو الخثرة كانت الخطوة الأولى فى الأستفادة من UF فى صناعة الجبن . ومع ذلك فإنه من الضرورى ترسيب بروتينات الشرش أولاً بالتسخين إلى درجة ٩٠°م عند pH ٤,٩ إلى ٦,٠ . وتستخدم طريقة Centri-whey ، التى بنيت على هذا الأساس ، فى فرنسا فى إنتاج جبن مشابه لجبن الكمبير والكولمير 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 بادئ ومنفحة .

يبقى فقط بروتين الشرش المضاف فى خثرة الجبن بعد تصفية الشرش إذا كان هذا البروتين قد حدث له دنتره 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 دنتره 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 الدنمراكية) بجودة جيدة بإضافة بروتينات الشرش .

التركيز الأولى للسبن إلى الضعف والذى يطلق عليه تركيز منخفض low concentration أو جزئى 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 تخطيطي لصناعة الجبن من مركز retentate منخفض (أ) ومركز مرتفع (ب)

١-٥- صفات مركز UF في صناعة الجبن

نمو البكتريا في المركز retentate أو الجبن الأولية pre-cheese (المركز + قشدة مضافة) مماثل لنموها في 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 ٥٠-٥٤م°م لأقل من ٥ ساعات . قد يحدث نمو للبكتريا المحبة للحرارة العالية thermophilic bacteria عند درجة ٥٠م° بعد ٥ ساعات والتي قد تكون السبب في تجبن المركز كما لوحظ في بعض الحالات .

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

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

بتسوية اللبن قبل إجراء UF .

عند تخزين اللبن مبرداً لمدة قد تصل إلى ٤ أيام قبل إجراء UF فإن صلاحية مركز 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 الارتفاع UHT ثم ترشيحه باستخدام UF فإن المركز يحتفظ بقدرته على تكوين الخثرة ، والتي عادة تفقد كنتيجة للمعاملة الحرارية ، وبالمثل فإن المركز المحضر بواسطة UF من لبن طبيعي يحتفظ بقدرته على التجبن بالمنفحة حتى بعد المعاملة بال-UHT .

اللبن المحتوى على أعداد كبيرة من الخلايا السوماتية (SCC) somatic cells غالباً ما يكون بطيئاً في تكوين الخثرة ويؤدي إلى تكوين خثرة طرية مع إنتاج جبن محتوية على كميات زائدة من الرطوبة وبجودة منخفضة ، محصول منخفض وطعم ناقص . عند تدعيم مثل هذا اللبن بمركز UF ناتج من لبن منخفض في SCC يؤدي إلى تكوين خثرة صلبة مع إنتاج جبن يحتوي على المعدل الطبيعي من الرطوبة وجودة تتراوح من جيدة إلى ممتازة ، محصول مرتفع وطعم معتدل ، تنخفض الفترة اللازمة لتكوين الخثرة بزيادة التركيز . تدعيم المركز إلى حوالي ١,٩ : ١ بروتين كلى يؤدي إلى زيادة محصول الجبن بحوالي ١١,٤ ٪ . تدعيم مركز UF من لبن مرتفع في SCC إلى ١,٨٤ : ١ بروتين كلى يحسن أيضاً من جودة الجبن ويزيد من المحصول مقارنة بجبن الكنترول ولكن ليس إلى نفس المستوى المرتفع المتحصل عليه بتدعيم المركز .

كما يمكن استخدام لبن كامل مدعم بمركز UF بنجاح في صناعة جبن تشدر منخفض في الصوديوم وجبن مطبوخ . كما أنه من الممكن إزالة بقايا البنسلين من اللبن أو الشرش بواسطة UF فقد وجد أن ٨٤ ٪ من البنسلين يبقى في الراشح permeate ويبقى ١٦ ٪ فقط في المركز .

٥-٢- المعاملة الحوارية لمركز UF في صناعة الجبن

اللبن المستخدم في صناعة معظم أنواع الجبن التقليدية لا يتم معاملته حرارياً بدرجة كافية حيث أن قدرة اللبن على التجبن بالمنفحة تتأثر وتتكون خثرة ضعيفة التي تحتجز كميات زائدة من الرطوبة . على العكس من ذلك فإنه يمكن الحصول على خثرة صلبة من لبن مركز بواسطة UF بعد معاملته حرارياً . وبهذه الطريقة فإن جبن UF Cast Feta (جبن فتا قوالب ذات تركيب مقبول مصنوعة باستخدام UF) تتميز بتركيب ناعم مع محتوى أعلا من الرطوبة عن جبن الفتا التقليدية والذي قد ينتج من قدرة بروتينات الشرش

الموجودة التي حدث لها دنتره على الاحتفاظ بالرطوبة بالرغم من أن بروتينات الشرش قد تسمح للكازين بالأرتباط بنسبة رطوبة أكبر .

من المعروف أن بروتينات الشرش يحدث لها دنتره بدرجة أسرع في اللبن المركز عنه في اللبن العادي والذي يمكن أن يفسر حقيقة أن اللاكتوز (مثل غيره من السكريات الثنائية مثل السكروز) يكون له تأثير مثبط على التحين الحراري لبروتينات الشرش ، ومع زيادة معامل التركيز فإن نسبة اللاكتوز /بروتينات الشرش تنخفض وبالتالي فإن التأثير الواقى للاكتوز على دنتره بروتين الشرش ينخفض .

وفى دراسة لتقدير المعاملة الحرارية المثالية لمركز UF (التركيز الكامل) ، أى درجة الحرارة التي عندها يحدث دنتره لبروتين الشرش بدرجة كبيرة دون التأثير على صفات اللزوجة للمركز ، وجد أن تسخين مركز UF عند 76°م لمدة 5 دقائق يؤدي إلى حدوث دنتره لبروتين الشرش بدرجة تصل إلى 56٪ مع صفات لزوجة مقبولة بينما التسخين خارج هذا النطاق يكون غير مرغوب فيه .

3-5- قابلية مركز UF للتحين بالمنفحة

نظراً لعدم وجود صرف للشرش فإن كل كمية المنفحة التي أضيف إلى الجبن الأولية السائلة تبقى في الجبن . لهذا فإن UF توفر حوالى 80٪ من كمية المنفحة التي عادة تضاف في تحضير وزن معين من الجبن . كما يؤدي ذلك إلى انخفاض تكاليف صناعة الجبن وأيضاً يؤدي إلى المساهمة في حل مشكلة نقص المنفحة على المستوى العالمى . وعموماً فإنه للحصول على نفس مدة التحين فإن حجم المنفحة يجب أن يخفيض 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 15٪ مقارنة بالكنترول ، وقد يرجع ذلك إلى التغيير في التركيب (زيادة البروتين وانخفاض فى تركيز الكالسيوم نتيجة عملية diafiltration) . عموماً فإن الإحتياجات من المنفحة بالنسبة لكمية اللبن الأولية تتناسب عكسياً مع درجة التركيز ومحتوى البروتين . عادة 30٪ فقط من مستحضر المنفحة يبقى مع الخثرة بينما 70٪ الباقية تفقد فى الشرش دون الإستفادة منها . وقد وجد فى صناعة جبن الكمبير بالطريقة التقليدية أن 40-50٪ 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 التحين العادية لنوع معين من الجبن . وقد وجد أن العوامل

المستولة عن أسراع تجبن لبن UF بالمنفحة : زيادة تركيب البيئة substrate ، إنخفاض pH (pH 6,53 عند 10,2٪ كازين ، pH 6,6 عند 2,8٪ كازين) ، زيادة تركيز الكالسيوم الكلي والمتأين . ولكن وجد في اللبن الجاموسي 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+} في المركز retentate كما أن رفع تركيز البروتين يؤدي إلى انخفاض مدة تجبن المرحلة الأولى من التجبن الأنزيمي .

عندما يتم بسترة مركز UF (معامل تركيز 2 : 1) عند 72°م / لمدة 30 ثانية فإنه يمكن تعويض الضرر الناتج في قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة من هذه المعاملة الحرارية بإضافة 150 مللجم $CaCl_2$ /لتر مركز ، إضافة 300 مللجم $CaCl_2$ /لتر مركز يقلل من مدة التجبن بالمنفحة بحوالي 27٪ . يمكن تحسين تجبن مركز UF وذلك بإضافة $CaCl_2$ قبل إضافة المنفحة بفترة 30 دقيقة على الأقل .

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

ميكانيكية التجبن لجسيمات الكازين في لبن UF تختلف عنها في اللبن الطبيعي والذي يكون مسئولاً عن التغيير في التركيب البنائي . تتكون الخثرة في مركز UF عندما يتحلل فقط حوالي 25٪ من k-casein ، جسيمات الكازين التي لم تتغير بدرجة كافية عند نقطة التجبن قد تصبح جزءاً من الخثرة فيما بعد ولكن قد لا تكون جزءاً مكماً من تركيب الخثرة . الخثرة المتكونة من المركزات تصبح أكثر خشونة بصفة مضطربة مع زيادة معامل التركيز ، بطأ التكوين البنائي للخثرة يجعل الخثرة هشة وقابلة للتفتت .

الأتران بين الكالسيوم الحر والغروي يؤثر على قابلية اللبن للتجبن والصفات الريولوجية للخثرة . في لبن UF يزيد تركيز الكالسيوم الغروي ويحافظ بصورة تقريبية على نسبة ثابتة مع تركيز البروتين . للحصول على خثرة مماثلة في التركيب والصفات الريولوجية للمنتجات التقليدية فإن تركيز الكالسيوم ينخفض أو بطريقة أكثر تحديداً ، تنخفض نسبة الكالسيوم الغروي إلى البروتين باستخدام UF بعد زيادة حموضة اللبن ، أو بعملية diafiltration حيث يؤدي ذلك إلى تحويل الكالسيوم من الحالة الغروية إلى الحالة الذائبة الذي يفقد في الراشح permeate أثناء UF . ترتبط صلابة الخثرة بطريقة مباشرة مع تركيز الكالسيوم الأيوني لذلك فإن هذا الكالسيوم الأيوني يزيد بإنخفاض pH

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

سرف الشرش وطرده من الخثرة syneresis هى الخطوة الأساسية فى صناعة اللبن . تركيز اللبن بأستخدام UF يودى 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 وبالتالي يكون أنكماش الخثرة بدرجة أكبر . كما أن زيادة كمية المنفحة المضافة إلى مركز UF يودى إلى زيادة فى أنكماش الخثرة وطرده الشرش منها . وقد أشار البعض إلا أنه من الضرورى تقدير مدة التحين بالمنفحة وصلابة الخثرة المتكونة حتى يمكن تحديد كمية المنفحة والبادئ المضاف عندما يستخدم مركز UF فى صناعة اللبن . 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 اللبن 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 التى تزيد بزيادة درجة تركيز UF . وقد وجد أن خفض pH لبن فرز عادى إلى ٤,٦ إلى ٤,٨ ، ٠,٤٨٪ حامض لاكثيك مقارنة بـ ١,٠١٪ لبن فرز مركز UF بنسبة ٢,٣ : ١ ، ١,٤٤٪ 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 ١,٥٪ . أثناء تركيز اللبن بواسطة UF فإن فوسفات الكالسيوم الغروية المرتبطة بجسيمات 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 5,0 تكون أكثر ارتفاعاً 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 وبالتالي تحافظ على ثبات الأعداد لفترة طويلة . إضافة البادىء بالحجم اللازم للوصول إلى pH المثالى لا يودى 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 يودى 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 . استخدام لبن UF فى صناعة الجبن يؤدي إلى احتجاز كمية أقل من المنفحة فى الحثرة وبالتالي تؤثر على درجة تحلل البروتين مما يجعل معدل تحلل البروتين بطيء . بالرغم من أن α_{s1} -casein يتحلل تماماً فى الجبن الناتجة بطريقة UF وكذلك فى الجبن الناتجة بالطريقة التقليدية بعد فترة معينة من التسوية فإن تحلل β -casein يتأخر فى جبن UF ، وقد وجد أن الأخفاض 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 يؤدي 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 دنتره تكون مقاومة لفعل الأنزيمات المحللة للبروتين من المنفحة والباديء . لذلك فإن بروتينات الشرش تعمل كمادة مائكة وتحفظ من تركيز الكازين وبالتالي تبطيء من فعل المنفحة . وفى دراسة عن تحليل البروتين أثناء التسوية وجد أن نتروجين بروتين الشرش يمثل حوالى ١٧٪ و ٥,٥٪ 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 جزئياً من التسوية طبقاً لدرجة الدنتره . تحلل بروتينات الشرش الذى حدث له دنتره 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 التى تودى 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 حدث له دنتره ، الذى يعتبر مستولاً 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 الليباز بدرجة أكبر نتيجة المعاملة الحرارية .

محتوى جبن UF الطازجة من اللاكتوز يكون مرتفع ويعزى ذلك إلى ارتفاع 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 دنتره لبروتينات الشرش والأحتفاظ بها فى الجبن وبالتالي 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 للدرجة لا يحدث معها فقد للشرش أثناء صناعة الجبن فإن بروتينات الشرش تحتجز فى

الجبن . تتوقف تركيب الجبن الناتج من مركز UF على تركيب المركز والذي يتأثر بكمية الشرش التي 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 ذاتية بدرجة كافية لذلك فإن درجة تركيز أعلا تودى 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 تخميس 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 يؤدي 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 التجمن يكون بأقل درجة ممكنة ، كما يمكن إنتاج الجبن بأقصى أستفادة ممكنة من بروتينات الشرش وهذا يؤدي إلى توفير فى الطاقة ووقت الصناعة بالإضافة إلى زيادة محصول الجبن .
- ٥ . تقليل كمية المنفحة والباقيء المضافة .
- ٦ . نظراً لعدم أحتواء permeate على بروتينات فإن قدرته على التلوث تمثل فقط ٨٠٪ مقارنة بالشرش التقليدى .

٧. ارتفاع القيمة الحيوية لبروتينات الشرش ينعكس على القيمة الغذائية لجبن UF . نظراً لأن اللبن المركز بطريقة UF والذي يطلق عليه جبن أولى (ابتدائى) 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) ، الكمببر (فى فرنسا) والفتا (حيث يوجد مصنع فى الدنمارك يقوم بتصنيع ٢٤٠ ألف لتر من اللبن فى اليوم إلى جبن فتا بأستخدام UF) والجبن الدياتى (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 لانخفاض 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 الذى 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 المحلل مثل الفتا Feta ، التلم Telem ، الدياتى .
 - جبن طرية مثل الكمببر ، 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 بالمرزعة . تركيز اللبن بالمرزعة يؤدي إلى تقليل تكاليف نقل اللبن نتيجة لتقليل حجم اللبن بالإضافة إلى ارتفاع محصول الجبن الناتج. يتم تركيز اللبن بنسبة ٢ : ١ باستخدام UF وينقل المركز retentate إلى مصانع جبن الأيدام ، St.Paulin ، بينما يستخدم الراشح permeate لتغذية الحيوانات فى المرزعة وبالتالي 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 المرزعة تكون إقتصادية عندما يكون عدد القطيع ١٠٠ - ١٠٠٠ بقرة . كما استخدم RO فى تركيز اللبن فى المرزعة فى أستراليا .

هناك طريقة أخرى لمعاملة اللبن بواسطة UF والتسخين فى المرزعة حيث يتم تركيز اللبن (٢ : ١) كل يومين . ييسر المركز retentate ويبرد إلى ٥٢م . ينقل المركز المتجمع إلى المصنع مرتين فى الأسبوع . يصل عدد البكتريا الحبة للحرارة العالية فى المتوسط ٧٧٠٠ cfu/مل .

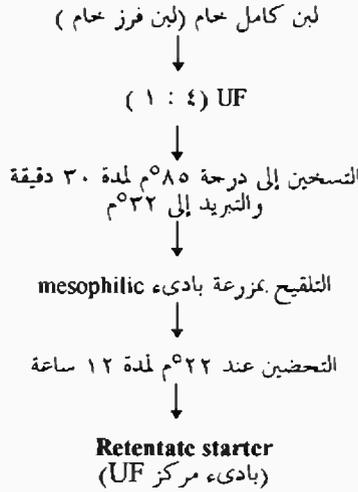
كما يمكن الاستفادة من الراشح permeate الناتج من استخدام UF فى تركيز اللبن لخفض محتوى البروتين فى لبن UHT إلى الحد الأدنى من البروتين المسموح به قانوناً وهو ٢,٨% فى معظم الدول الأوروبية ، ٣% فى فرنسا . ويحقق هذا الأجراء عائداً لكثير من مصانع UHT . ويلاحظ أنه من السهل الكشف عن إضافة الماء إلى اللبن إلا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

٥-٥-٢- إنتاج بادي Retentate

القوة التنظيمية لمركز UF عند pH ٦,٧ يؤدي إلى وجود بكتريا حمض اللاكتيك فى الخثرة وفى الجبن الناتج بأعداد أكبر عن الخثرة والجبن الناتجة بالطرق التقليدية وقد أمكن الاستفادة من هذه الميزة فى إنتاج باديء إضافة (صناعة) جديد bulk starter . يصنع هذا البادىء بتلقيح مركز retentate لبن كامل أولين فرز يحتوى على ١٢% بروتين بمزارع باديء حمض لاكتيك محب للحرارة المعتدلة mesophilic culture ويحضن عند ٢٢م 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 باديء الإضافة التقليدى المحضن من لبن ميسر ويحتفظ بنشاطه لمدة

١٠-١٢ ساعة عند درجة حرارة الغرفة ، هذا بالإضافة إلى أن باديء 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 باديء Retentate

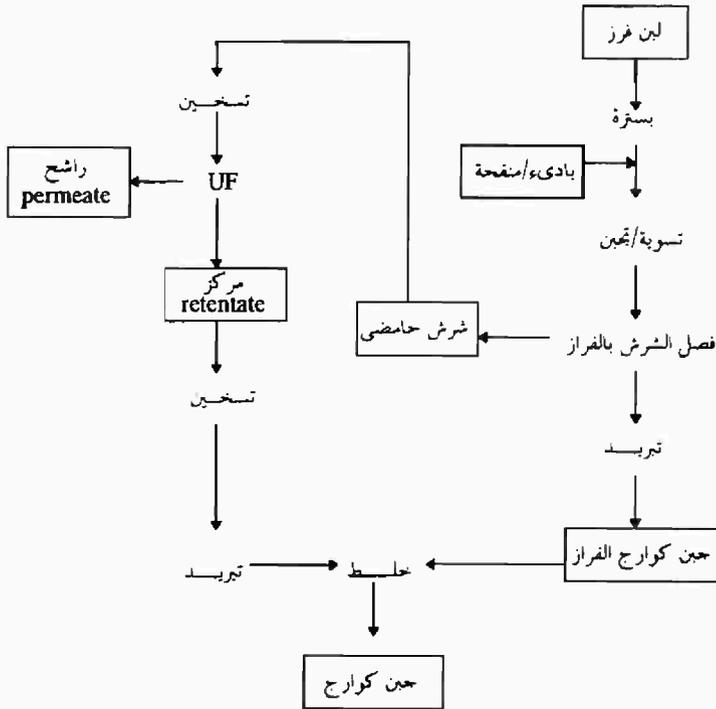
٥-٦- صناعة بعض أنواع من الجبن بأستخدام UF

٥-٦-١ جبن الكوارج Quarg

وهى جبن طرية طازجة تصنع بالتجين 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 ادخال بروتينات الشرش فى جبن الكوارج بأستخدام UF :

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

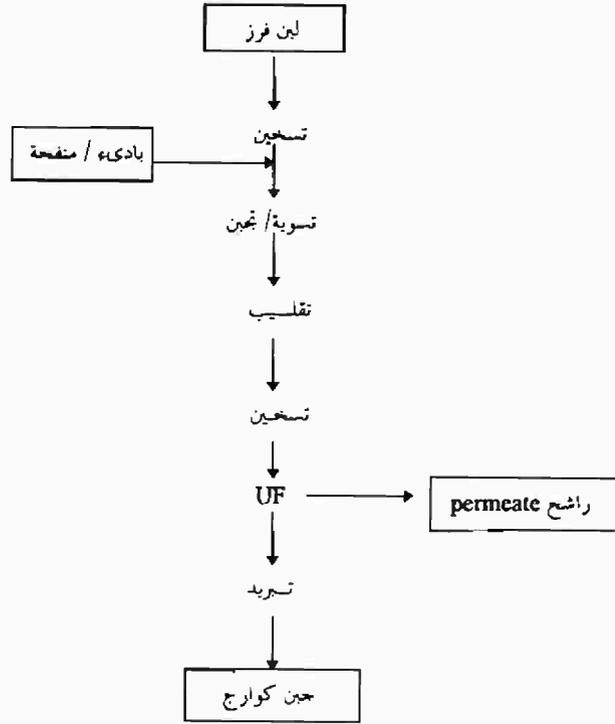
٣. تركيز خثرة اللبن الفرز المتكونة بفعل الحامض بأستخدام UF .
 فى الطريقة الأولى (شكل ٣-٨) يركز الشرش الناتج من الخثرة بواسطة الفرز إلى حوالى ٢٠ ضعف بأستخدام UF حيث ترتفع المادة الصلبة إلى ١٧,٥ - ١٨,٥ ٪ والذى يماثل تركيز المادة الصلبة فى جبن الكوارج النهائى ، ثم يعامل المركزة retentate معاملة حرارية ويخلط بعد ذلك مع جبن كوارج الفرز . 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 الفرز 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 ارتفاع 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 لارتفاع محتوى البروتين فى مركز UF .



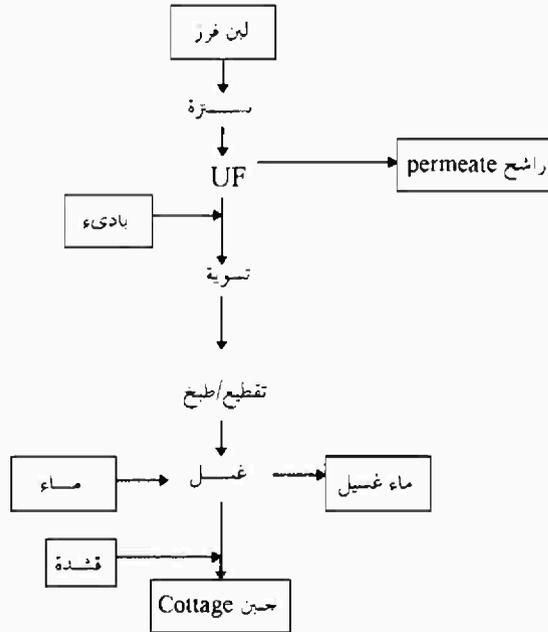
شكل ٤-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن الكوارج بطريقة UF لخثرة اللبن الفرز

ترشيح اللبن الفرز المتخين بفعل الحامض بطريقة UF يعتبر أفضل هذه الطرق لاستخدام 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 وطرده الرطوبة الزائدة . التعديل الرئيسى فى

هذه الطريقة هو أستبدال الفراز بطريقة UF لأحتجاز بروتينات الشرش في جبن الكوارج. يتضمن خط الإنتاج في 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 ٦٠°م لمدة ٥ دقائق، ترشيح بأستخدام UF عند ٥٥°م لتركيز المادة الصلبة إلى المستوى الموجود في الناتج النهائى (١٧-٢٠٪) وأخيراً يبرد الناتج في مررد أنبوبي .

٥-٦-٢- Cottage جبن

في صناعة جبن Cottage يركز اللبن عادة إلى تركيز أعلا عما هو متبع في 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 مللجم كالسيوم لكل ١٠٠ جرام بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى التى تحتوى على ٧٠٠ - ٩٠٠ مللجم / ١٠٠ جرام . لذلك يعتقد أن زيادة محتوى الكالسيوم فى جبن Cottage من لبن UF قد يساهم بدرجة أفضل فى تغطية الاحتياجات 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 التى 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 .

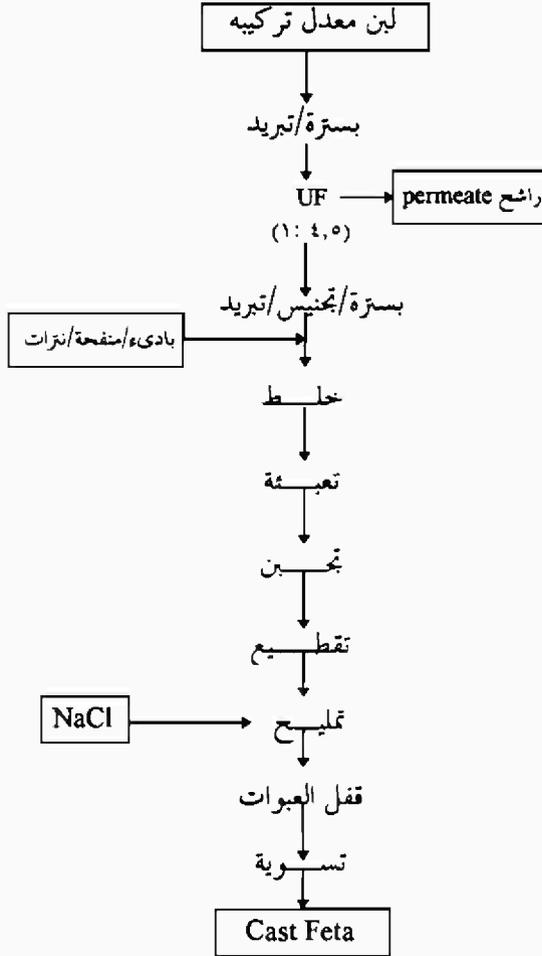
من أنواع الجبن الأبيض الرئيسية الفتا Feta . يعتبر اليونان وبلغاريا والمجر من الدول الرئيسية المصدرة لهذه الجبن وقد دخلت الدنمراك حديثاً كمصدر رئيسى للمنتجات الناتجة من اللبن البقرى بأستخدام UF .

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 ملحي فى صفائح للتسوية والتخزين . تتميز هذه الجبن بتركيب مفتوح نوعاً ما وطعم ملحي يشوبه زناخة خفيفة .

عند أستخدام 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 ٪ . يستخن المركز ويبرد ويضاف إليه البادىء والمنفحة والمواد الأخرى التى تتضمن عادة النترات للحد من نمو البكتريا المتحرمة . ثم تعبأ العلب بالمركز حيث يتم التجبن . تعتبر هذه الطريقة للإنتاج بسيطة عندما يتجن مركز UF ، يحمض ويملح فى العبوات التى يسوق بها ، لذلك فإن معظم أستخدام طريقة UF حتى الآن 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 وبالتالي يكون لها احساس مختلف فى الفم ولكن المذاق متماثل بدرجة كبيرة .
يطلق على هذه الجبن ذات التركيب المقبول 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

ارتفاع محتوى الملح وإضافة الليباز قد يساعد على إخفاء 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 يؤدي إلى فقد مضطرد للنتروجين الذائب فى المحلول الملحي قد يصل إلى ١٥٪ من البروتين الكلى فى جبن الفتا الناتج بطريقة UF بعد ٣ شهور فى التخزين فى محلول ملحي 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 :

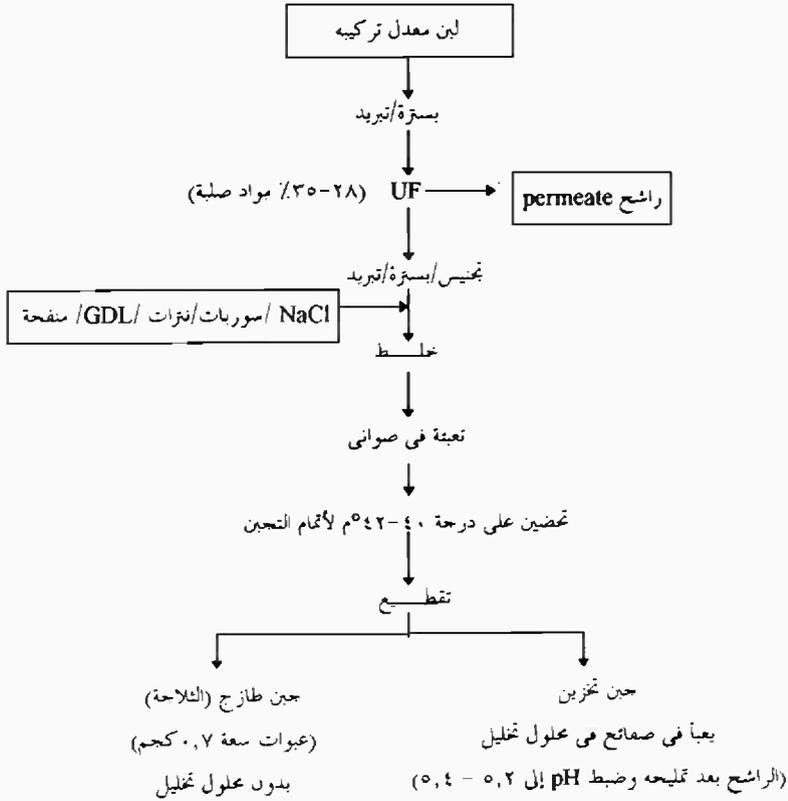
- زيادة محصول الجبن بحوالى ٢٥-٣٠٪ .
- تقليل كمية المنفحة بحوالى ٨٠٪ .
- لا يوجد فقد للدهن مع الشرش .

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 ويتجنن 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 والتي تعتبر زيادة ضئيلة بالنسبة للزيادة التى تحققها الطريقة السابقة والتي تصل إلى ٣٠٪ لذلك فإن عدد قليل من المصانع تستخدم هذه الطريقة .

٥-٦-٤- الجبن الديمياطى

تم أستخدام UF فى إنتاج الجبن الديمياطى 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 في الناتج النهائي لإنتاج ما يعرف بالجبن ثم يضاف الملح لإنتاج ما يعرف بالجبن الأولى precheese بمعدل ٥٪ ، والبادئ بمعدل ١،٠٪ ، $CaCl_2$ ٠،٠٢٪ ، اللبنيز ٤ جرام / ١٠٠ جرام والمنفحة . يتم تجبن اللبن المركز مباشرة في علب معدنية أو عبوات من البلاستيك .



شكل ٧-٨ : رسم تخطيطي لصناعة الجبن الدياتمي بطريقة UF

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

للدهن نتيجة إضافة أنزيم لبيز كما تم أستخدام UF فى صناعة جبن القريش بالتجنين 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 آخرون 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 الالمبأطى بأستخدام UF فى مصانع الألبان فى مصر (شكل ٧-٨) حيث يتم تعديل تركيب اللين إلى ٣,٥٪ دهن ، ٨,٢٪ جوامد لا دهنية ثم البسترة على درجة ٨٥°م لمدة ١٥ ثانية . يتم تركيز اللين عند درجة ٥٠-٥٥°م بواسطة UF إلى ٣٥٪ مواد صلبة (٢٨٪ مواد صلبة فى حالة جبن الثلاجة) ثم يجنس المركز ويستر مرة أخرى ثم تضاف إلى المركز الملح بنسبة ٣-٥٪ (٣٪ فى الجبن الطازج (الثلاجة) ، ٥٪ فى جبن التخزين) مع السوربات (٦٠ جم/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 أداخلها إلى الحضانة على درجة ٤٠-٤٢°م حيث تم التجنن 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 تحليل راشح UF بعد معاملته حرارياً وإضافة الملح ٨-١٠٪ بحيث يكون تركيز الملح فى محلول التحليل 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 ٧,٠ - ١ كجم للجبن الطازج . فى بعض مصانع القطاع الخاص والإستثمارى يتم تعبئة المركز بعد إضافة المنفحة فى عبوات تتراباك tetrapak حيث يتم التجنن 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 البلاستيكية pasta filata وهى جبن طازجة نصف جافة وتصنع معظم هذه الجبن حالياً من اللين 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 باستخدام UF يتم فرز اللبـن الكامل إلى لبن فرز وقشدة بلاستيكية تحتوى على ٧٦٪ دهن . يتم تخميص اللبـن الفرز بإضافة حمض الخليك إلى pH ٦,٠ لإزالة الكالسيوم ثم يتم ترشيحه باستخدام UF ويخلط المركز الناتج مع retentate مع القشدة البلاستيكية لإنتاج جبن أولى precheese يحتوى على حوالى ٢٠٪ دهن ، ٢٨٪ بروتين . تلقح الجبن ببادئ محب للدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic starter مع إضافة المنفحة مباشرة قبل دخول اللبـن وحدة التـجبن . يتم بعد ذلك تسخين وعجن وتشكيل وتمليح الخثرة (تمليح رطب) . تعتمد طريقة إنتاج جبن موزاريلا منخفضة الرطوبة على استخدام 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 إنتاجه 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 استخدمت UF فى صناعة جبن الريكوتا ، يتم بسترة اللبـن المعدل أو مخلوط اللبـن والشرش ويركز باستخدام UF للحصول على التركيز المناسب . يسخن المركز إلى ٨٠م° ، يضاف الحامض حيث يتكون التركيب البنائى للجبـن . 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 ، ٥,٩ pH .

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 ٥٥٠م للوصول إلى ٢٧,٦٪ جوامد كحد أقصى . يضاف القشدة (٦٧-٦٩٪ دهن) إلى المركز كما يضاف permeate أو ماء لتعديل تركيب المخروط إلى تركيب جبن القشدة طبقاً للمواصفات ثم يلحق بيادىء بكتريا حمض اللاكتيك وبعد تمام التخمر يضاف الملح والمثبتات . يسخن الناتج للدرجة ٥٥٤م ، ثم يجنس ويعبأ ساخناً . وقد أقتراح 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) . تحتوى Na ، K ، مماثل ، 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 دغراكية معرقة بالفطر ، بأستخدام UF حيث يتم تعديل تركيب اللبن ويمنس قبل تركيزه بطريقة UF إلى ٤٠٪ جوامد كلية . يضاف الفطر ، البيادىء والمنفحة إلى المركز retentate ثم يوضع المخروط فى وحدة التجين المستمر continuous coagulator . بعد التجين يقطع المركز قطع صغيرة وتعبأ فى القوالب . بعد صرف كمية قليلة من الشرش تملح الجبن بملح جاف ، تملح رطب ، تنقب ، 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 التقليدي أفضل .

5-6-9- 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 اللين باستخدام UF إلى مثل هذا التركيز المرتفع من المواد الصلبة لذلك فإن استخدام UF فى إنتاج الجبن الجافة والنصف جافة غالباً ما تؤدي إلى إنتاج جبن منخفضة الجودة وتختلف عن الجبن الناتجة بالطرق التقليدية ومع ذلك فإن هناك بعض الإجراءات التى يمكن استخدامها للتغلب على هذه المشكلة :

١. يمكن زيادة المادة الجافة فى مركز UF بالتبخير للوصول إلى مستوى المادة الجافة فى الجبن .

٢. تسخين مركز UF لدنزة 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 مركبات UF بنسبة تركيز تصل إلى ٥ : ١ فى صناعة جبن Havarti وهى جبن دغمرائية نصف طرية تحتوى تقريباً على ٢٦٪ دهن ، ٥٦٪ جوامد . نظراً لأرتفاع القدرة التنظيمية لمركبات 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 مركبات 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 باستخدام أنزيم فى كبسولات ليبوسوم أو خلايا *Lb.helvticus* المعاملة بصدمة حرارية .

5-6-10- جبن جافة Hard cheese

صناعة أنواع من الجبن الجافة باستخدام 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 ٧٥م لمدة ٣٠ دقيقة . إضافة هذا المركز إلى لبن الجبن يؤدي 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 : ١,٩ ، ١ : 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 مخفف 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 الأميتال 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 أستراليا 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 والتي تحمل 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 بكتريا حمض اللاكتيك إلى pH ٥,٤ ، والذي يستخدم كبداىء 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 الأسطواني الخاص بالتجبن rennet coagulator drum والذي يتكون من ٦ براميل barrels ، يبلغ طول كل منها أكثر من ٦ متر حيث تتكون الخثرة في مدة ١٤-١٨ دقيقة (وهي المدة التي يستخدمها المخلوط في 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 في الأسطوانتين ٤٨-٥٢ دقيقة . بعد الوصول إلى pH المناسب تنقل الخثرة إلى جهاز فصل الشرش ، حيث تجمع الخثرة وتتم عملية الشدنة بطريقة مستمرة ، يتم تجميع الخثرة في حوالي ١١٠ دقيقة . تطحن الخثرة بعد ذلك وتُمَلح وتكبس ثم تعبأ . تبلغ الزيادة في المحصول الناتج حوالي ٦-٨٪ ويكون تركيب وجودة الجبن الناتج موحدة . طريقة الصناعة بهذه الطريقة مستمرة وتعمل بطريقة أوتوماتيكية 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 اختلافات في الصفات بين جبن UF والجبن التقليدية . الجبن التقليدية تنصهر بينما جبن UF تنصهر بدرجة بسيطة وذلك نتيجة لارتفاع محتوى الكالسيوم في جبن الجبن الأخيرة . استخدام UF في صناعة الجبن المطبوخ يعتمد على إنتاج cheese base الذي يعتبر إنتاجاً جديداً تماماً ويتم إنتاجه بهدف أحلال جبن التشدر أو أنواع أخرى أحلالاً جزئياً أو كلياً في إنتاج الجبن المطبوخة ومفرد الجبن المطبوخ cheese spreads .

يجب أن يحتوي cheese base على ٥٨-٦٢٪ جوامد كلية ، ٤٥-٥٠٪ دهن في 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 والذي يضمن أن زيادة الحموضة بعد ذلك تقف عند pH ٥,٢ . يضاف الملح والبادئ للمركز وعندما يصل pH إلى ٦,٤ يركز المركز retentate بدرجة أكبر في جهاز تركيز خاص إلى المستوى المرغوب من الجوامد الكلية . يعبأ الناتج في العبوات عندما تصل الحموضة إلى pH ٥,٢ وبذلك يزيد محصول الجبن المطبوخة بحوالي ١٦٪ . وقد وجد أن cheese base الناتج بهذه الطريقة يكون مماثلاً في pH والتركيب الأجمالي 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 /بيبتات ذائبة مع مظهر