الباب الثاني

إنتاج بذور الكاكاو وصناعة الشوكولاتة

obeikandl.com

obeikandl.com

2- إنتاج بذور الكاكاو وصناعة الشوكولاتة

مقدمـــــــــــــة

عرفت منتجات الكاكاو أولا في أمريكا الوسطي (فنزويلا ، جامايكا ، كولومبيـــا ، كاركاس) ... وحتي عام 1800 م كان المنتج الرئيسي لها هو مشروب الشوكولاته وهـــو مشروب دهني يعد من بذور الكاكاو الكاملة والسكر والتوابل . وفي عام 1828 م إخـــترع Van Houten طريقة الضغط علي بذور الكاكاو لإزالة جزء من الدهن ثم طحن البـــذور منزوعة الدهن جزئيا لتصبح مسحوقا به 23% دهـــن وأدت تلـــك العمليـــات التصنيعيـــة لسهولة إعداد مشروب الكاكاو كما أصبحت عملية هضمه أيسر ، وفي نفس الوقت اســتخدم دهن الكاكاو المنفصل عن تلك المعاملة (يطلق عليه أيضا زبدة الكاكـاو Cocoa butter) في إنتاج شوكولاته سائلة سهلة التشكيل والإنتشار فإستخدمت في تغطية منتجـــات عديـــدة من أصناف الحلوي المختلفة .

وفي إنجلترا عام 1840 م صنع Fry and Later Cadbuory منتج أطلق عليـــه إسم Chocolate bars . وحدث بعد ذلك تقدم هائل بإختراع شـــوكولاتة اللبـــن Milk chocolate بواسطة Daniel Peters في سويسرا عام 1876 م بخلط مطحـــون بـــذور الكاكاو المقشورة مع السكر والمواد الصلبة للبن والناتج هو المكـــون الأساســـي لصناعـــة الشوكولاته .

وقد تم إنشاء شركة Cadbury's Dairy Milk Chocolate عام 1900 م ثـــم إنتشرت هذه الصناعة بعد ذلك وتطورت صناعة الشوكولاتة ومنتجـــات الكاكـــاو تطـــورا هائلا وأنشأت مصانع عديدة في مختلف دول العـــالم . وقـــد أدي إخـــتراع آلات تشـــكيل منتجات الشوكولاتة لخفض تكاليف الإنتاج .

1.2- النبات ، مناطق زراعته ، حصاده :

يرجع أصل شجرة الكاكاو Theobroma cocoa إلي الغابات الاستوائية الكثيفـــة لمنطقة الأمازون حيث ينمو النبات هناك في ظروف شبه الظل Semishade - الدائمـــة

- ذات الرطوبة النسبية العالية . ويتكون جنس الـ Theobroma من أكثر من 20 نـوع (Family: Sterculiaceae) أهمها تجاريا علي وجه الإطـــلاق الـــ Theobroma cocoa التي انتشرت أشجارها طبيعيا في إتجاه الغرب والشمال إلي غانـــا والمكســيك ، وأخيرا لجزر الكاريبي .

ويوضح الجدول التالي حدود ومتوسط الإنتاج العالمي من بذور الكاكاو بالألف طـــن متري خلال الأعوام من 1975 إلي 1995 وفي بعض الدول المنتجة له .

جدول (1.2) : حدود ومتوسط إنتاج بذور الكاكاو بالألف طن متري خلال الأعوام مـــن 1975 حتي 1995 م .

إفريقيا	الكاميرون		غانا		كوت دي فوار		نيجيريا	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى
	82	198	159	418	181	545	115	241
المتوسط	117		281		327		179	
متوسط الإنتاج الكلي	848 - 1045 بمتوسط حوالي 958							
أمريكا الوسطي والجنوبية	البرازيل		كولومبيا		الإكوادور		المكسيك	
	162	405	23	42	43	100	24	42
المتوسط	290		32		74		34	
حدود ومتوسط الكلي	252 - 589 بمتوسط حوالي 430							
آسيا	ماليزيا		غينيا بيساو					
	9	100	22	33				
المتوسط	38		29					
حدود ومتوسط الكلي	62 - 130 بمتوسط حوالي 110							
الإنتاج العالمي	1341 - 1876 بمتوسط حوالي 1600							

المصدر : إحصاءات الكاكاو - Gilland Duffus - لندن ، إحصاءات منظمة الأغذية والزراعة - جمعـت وحسبت بواسطة المؤلف .

2.2- شجرة الكاكاو :

تزرع أشجار الكاكاو في نطاق ضيق من خطوط الطول والعرض ويحتاج النبـــات في نموه إلي رطوبة نسبية عالية . وتتمركز زراعة أشجار الكاكـــاو علـــي جـــانبي خـــط الإستواء وكذلك بعض المناطق عند درجة 18 درجة بين الشمال والجنـــوب . وتـــتراوح درجة الحرارة المثلي لنمو الأشجار بين 18-32 درجة مئوية ويـــؤدي إنخفـــاض درجـــة

الحرارة عن الحدود السابقة لنقص كبير في المحصول وتلف نسبة من أشجار الكاكاو . وتتراوح الأمطار اللازمة لري أشجار الكاكاو بين 1500-2000 مم في السنة . أما الرطوبة النسبية فتتراوح بين 70-80% أثناء اليوم ويفضل أن تصل لدرجة التشبع أثناء الليل . وتحتاج الأشجار لظل من بعض أشجار الغابات الكبيرة . وتوجد بذور الكاكاو داخل أغلفة تجمع وتخزن في مناطق تجميع لإزالة البذور التي تلتصق باللب .

3.2- صناعة الكاكاو Cocoa Processes

تبدأ صناعة الكاكاو منذ مرحلة جمع الثمار من الأشجار في مرحلة النضج الكاملة ثم إجراء المعاملات التصنيعية علي بذور هذه الثمار بصورة سليمة تؤدي لإنتاج منتجات كاكاو عالية الجودة . ومما هو جدير بالذكر أن كلا من معاملتي التخمير والتجفيف تؤثران بدرجة كبيرة علي جودة منتجات الكاكاو حيث ترتبط نكهة الكاكاو أو الشوكولاته إرتباطا وثيقا بمدي نجاح وتطبيق الأسس التكنولوجية لمعاملتي التخمير والتجفيف .

1.3.2- عملية التخمير Fermentation

- بعد قطع ثمار الكاكاو من الأشجار يتم إستخراج البذور منها حيث تكون ملتصقة باللب.
- تنقل البذور الي سلال أو صناديق ذات قاع مثقب أو ترص في أكوام ثم تغطي بأوراق الموز أو أوراق خضراء .
- تسمح الثقوب الموجودة بقاع السلال أو الصناديق بتسرب بقايا اللب المرتبطة بالبذور حيث تسيل وتتسرب من القاع ويمكن تقليب البذور ونقلها من صندوق لآخر تجنبا لعدم تجانس عمليات التخمر .
- لاتكون لبذور الكاكاو المستخرجة من القرنة نكهة الشوكولاته المميزة ، وتؤدي عملية التخمير كخطوة أساسية لبدء تكون المركبات والتي تنشأ عنها النكهة المميزة للشوكولاتة بعد عملية التحميص .
- تؤدي عملية تكويم البذور أو وضعها في السلال أو الصناديق المثقبة إلي إرتفاع درجة حرارة البذور تلقائيا وتدريجيا إلي حوالي 50 درجة مئوية بفعل حرارة التنفس والخمائر والبكتريا والإنزيمات .

- تتم عملية التخمير في غضون 5-6 أيام وإذا لم يحدث إنبات للبذور فإنها تموت بفعل الحرارة المتولدة عن عملية التخمير .

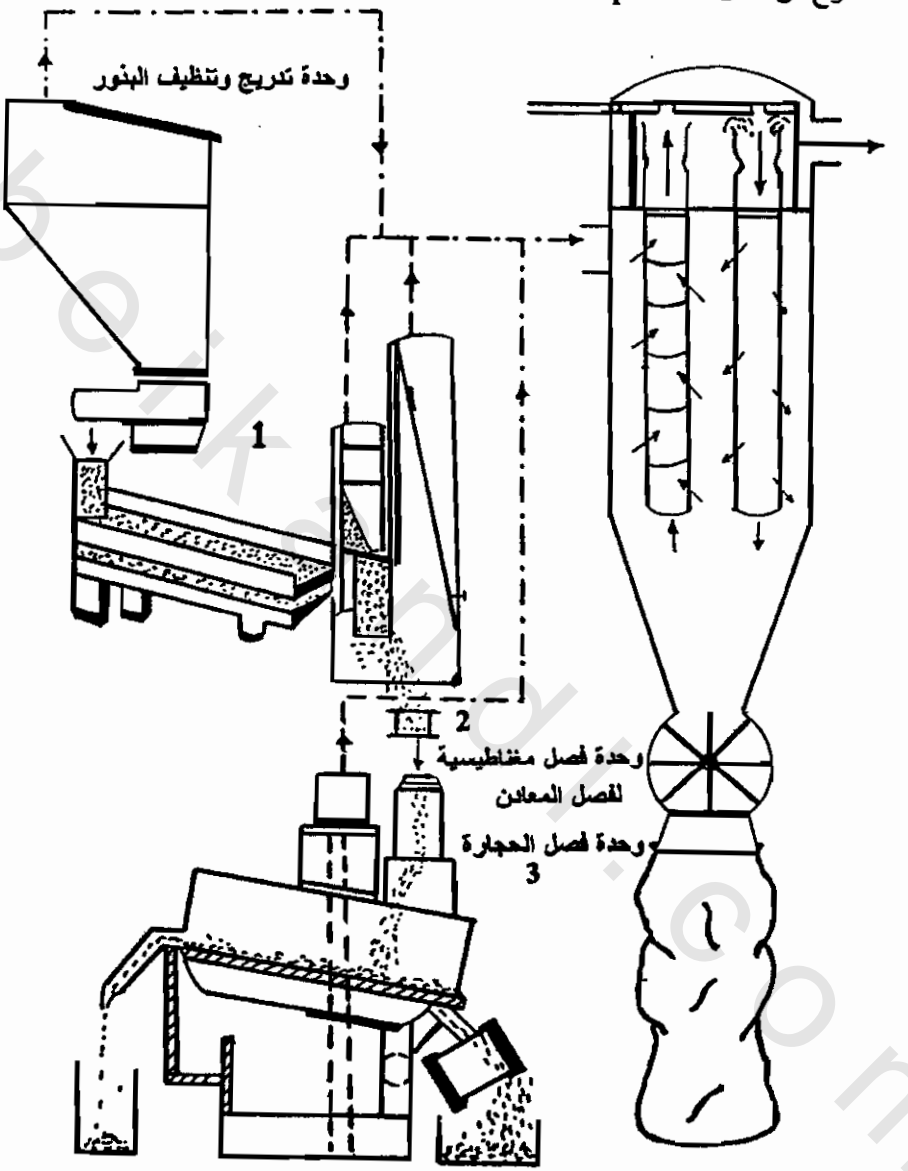
- يحدث أثناء عملية التخمير تغيرات عديدة فيحدث أولا - تنفس لاهوائي Anaerobic respiration للبذور فتتحلل البروتينات - ثم يحدث تنفس هوائي Aerobic respiration - ويسيل اللب ويتكون حامض خليك ، فتزال البولي فينولات القابضة Astringent polyphenols - ثم تتكون في البذور المركبات التي ينجم عنها نكهة الشوكولاته Flavor precursors ، فقط ، بعد تحميصها - ويصل pH الفلقة إلي حوالي 5 - وتمتص الفلقة رطوبة فتحدث تغيرات في قوامها تجعلها سهلة السحق والطحن - كما يحدث أيضا تغير في لون بذور الكاكاو فتتحول من اللون الرمادي المخضر greyish إلي اللون القرنفلي ثم خليط بين اللون القرنفلي والبني وأخيرا تتحول إلي اللون البني الغامق

2.3.2- تنظيف بذور الكاكاو Raw-bean cleaning

يجب أن تكون بذور الكاكاو المعدة للتصدير نظيفة .. إلا أنه غالبا مايكون هناك كميات ضئيلة من الشوائب تتمثل في البذور المكسورة ، بقايا طينية وكذلك بقايا ألياف من أكياس التعبئة . وعادة ماتكون نسب الاصابات الحشرية في بذور الكاكاو ضئيلة جدا نظرا للرقابة الجيدة في بلاد المنشأ وفي مناطق تخزينها . وعادة مايتم تبخير كل البذور الواردة للمصنع كإجراء وقائي حتي لو كانت البذور قد تم تبخيرها من قبل في بلاد المنشأ ، مما قد ينجم عنه زيادة في الحدود القصوي لبقايا المبيدات الحشرية في هذه البذور . وعادة ماتستخدم أنواع من مواد التبخير المسموح بها كبروميد الإيثيل . وتحدد مواصفات الدول والمواصفات الدولية نسب العيوب في بذور الكاكاو وتقسم بناءا علي نسب تلك العيوب إلي درجات جودة كالدرجة الممتازة أو الأولي ، ثم الدرجات الأقل ويتحدد سعر بذور الكاكاو في الأسواق العالمية علي أساس درجة جودة البذور .

وتتكون آلات تنظيف بذور الكاكاو (شكل 1.2) من عدد من الغرابيل screens بسعة ثقوب مختلفة لفصل أحجام الشوائب المختلفة ، فرش احتكاك للتنظيف ، تيارات هوائية لإزالة الغبار والشوائب الخفيفة كذلك وحدة مغناطيسية لالتقاط الشوائب المعدنية

بالإضافة لوحدة لإزالة الحجارة والمعادن الأخري والأجسام الثقيلة بإستخدام نظام الـــهواء المدفوع من أسفل Fluidized bed with air aspiration .



شكل رقم (2-1) : تتابع عمليات تنظيف بذور الكتان

3.3.2- التجفيف والتحميص Drying & Roasting

سبق أن أشرنا إلي أنه أثناء عملية تخمير بذور الكاكاو تنشأ المركبات "Flavor precursors" التي ستنجم عنها نكهة بذور الكاكاو بعد عمليتي التجفيف والتحميص ويعني ذلك أن النكهة الحقيقية لبذور الكاكاو لاتنشأ إلا بعد عملية التحميص . وتعتبر عملية التحميص صورة من صور الطبخ ولو أنها طبخ جاف . (حيث غالبا مايكون الطبخ مقترنا بالطبخ في الماء) .

وعند تحميص بذور الكاكاو السابق تخميرها تحدث التغيرات التالية :

1- تفقد البذور جزءا كبيرا من رطوبتها .

2- تصبح القشرة مفككة ويسهل فصلها .

3- تغدو الفلقة nib أكثر قابلية للكسر ويدكن (يغمق) لونها .

4- تتحطم نسبة من الأحماض الأمينية ، وتحدث دنترة للبروتينات ، كما تتحطم كل السكريات الموجودة طبيعيا في بذور الكاكاو .

5- تفقد نسبة من الأحماض الطيارة والمركبات الأخري الحامضية والمرة .

6- يتكون بتحميص بذور الكاكاو عدد كبير من المركبات الطيارة الألدهيدية والكيتونية ، الـ Furans ، والبيرازين والكحولات والإسترات .

وتتأثر درجة ومعدل حدوث التغيرات السابق الإشارة إليها بزمن ودرجة حرارة التحميص وكذلك بمعدل الفقد في الرطوبة أثناء عملية التحميص .

وتتباين أنواع وطرق التحميص بإختلاف الآلات المستخدمة في هذه العملية ومواصفات المنتج المطلوب .

وعادة ماتتم عملية التحميص علي خطوتين :

1.3.3.2- عملية التجفيف :

حيث يتم تعريض البذور لحرارة علي درجة حرارة لاتزيد عن 100 درجة مئوية مما يؤدي لتجفيف وتفكك القشرة الخارجية Shell ولاتؤثر درجات الحرارة بهذا المستوي علي الفلقة nib .

2.3.3.2- عملية التحميص

يعقب المعاملة الحرارية الإبتدائية المستخدمة لتجفيف البذور معاملة أخـــري علـــي درجة حرارة أعلي من درجة حرارة مرحلة التجفيف الأولي وتتراوح درجة الحرارة بيـــن 125-130 درجة مئوية وقد تصل في بعض الأحيان إلي 150 درجة مئوية لزمن يتوقـف علي درجة الحرارة .

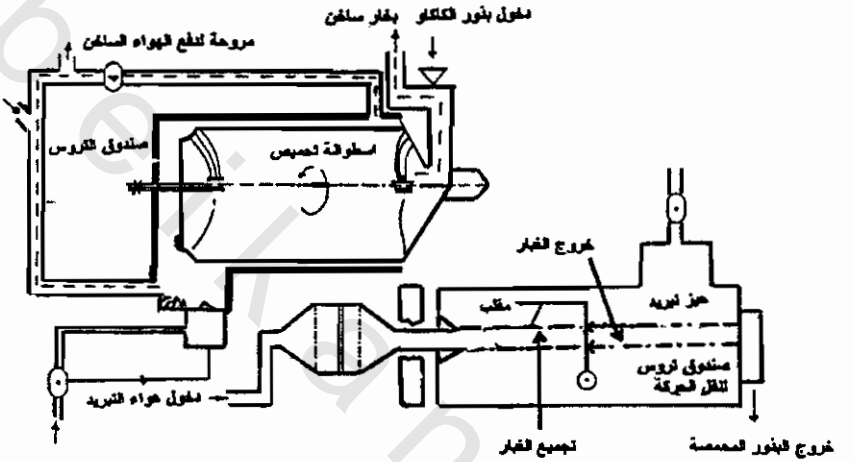
ويجب مراعاة الرطوبة النسبية في هواء وحدات التحميص للحصول علـــي نكهـة جيدة ومرغوبة للكاكاو ويمكن خفض الرطوبة النســبية تدريجيـا مــع نقــص المحتــوي الرطوبي للبذور .

ويوضح جدول (2.2) الرطوبة النسبية المثلي فـــي أجـهزة التحميـــص وعلاقتـــها بالمحتوي الرطوبي لبذور الكاكاو .

جدول (2.2) : الرطوبة النسبية المناسبة (ERH) في وحدات تحميـــص بـــذور الكاكـــاو وعلاقتها بالمحتوي الرطوبي (MC) لبذور الكاكاو .

ERH	MC.	ERH	MC.	ERH	MC.	ERH	MC.	ERH	MC.
70	7	48	4	38	3	24	2	12	1

ويوضح شكل (2.2) وحدة تحميص حديثة تستخدم في المصانع ويلاحظ أنـــه بعـد إجراء عملية التحميص في الجزء العلوي من الوحدة يتم تبريد البذور كمـــا تمـــرر علـــي غرابيل مثقبة ومتحركة حركة إهتزازية للتخلص من الغبار وشوائب التحميـــص ثـــم يتـــم تبريدها في المرحلة التالية .



شكل (2.2) : رسم تخطيطي لوحدة تحميص بذور كاكاو حديثة

جدول رقم (3.2) : التركيب الكيماوي لبذور الكاكاو

المكون	الفلقة Nib %		القشرة %	
	حد أدني	حد أقصي	حد أدني	حد أقصي
ماء H_2O	2.3	3.2	3.7	6.6
دهن Fat	48.0	57.0	1.7	5.9
رماد Ash	2.6	4.2	7.1	20.7
النيتروجين الكلي T.N.	2.2	2.5	1.7	3.2
النيتروجين البروتيني P.N	1.3		2.1	
الثيوبرومين Theobramine	0.8	1.3	0.2	0.9
الكافين Caffeine	0.1	0.7	0.04	0.3
الكربوهيدرات :				
جلوكوز	0.1		0.1	
سكروز	0.0		0.0	
نشا	6.5	9.0	3.4	5.2
بكتين	4.1		8.0	
سليلوز	1.9		13.7	
بنتوزانات	1.2		7.1	
الصموغ	1.8		9.0	
التانينات	4.2		2.0	
حامض التانيك	2.0		1.3	
الأحماض العضوية				
الخليك	0.1		0.1	
الستريك	–		0.7	
الأكساليك	0.3		0.3	

المصدر :

Minifie, B.W. (1989). Chocolate, Cocoa, and Confectionery AVI, Pub. by Van Nostrand Reinhold, London. ومصادر أخري

4.3.2- تعقيم بذور الكاكاو Sterilization

من المعروف أن تأثير الحرارة الرطبة علي الميكروبات أكبر بكثير من تأثير الحرارة الجافة ولذلك فلخفض أعداد الميكروبات علي بذور الكاكاو بدرجة كبيرة تتم عملية التسخين تحت ظروف رطبة حيث يحقن رذاذ من الماء علي إسطوانة التحميص

لمدة حوالي 20 ثانية في نهاية عملية التحميص فتؤدي لخفض كبير في أعداد الميكروبات بحيث تتوافر في بذور الكاكاو المقشورة المواصفات الميكروبيولوجية التالية :

الأعداد الكلية للميكروبات بالعد بطريقة الأطباق : أقل من 100 خلية/جم

مجموعة الـ Enterobacteria : أقل من 10 خلية/جم ، بكتريا الـ *E.coli*: لاتوجد ، بكتريا الـ Salmonella : لاتوجد ، جراثيم البكتريا الهوائية أقل من 100 خلية/ جم.

5.3.2- المعاملة بالقلوي : Alkalization

تتم معاملة بذور الكاكاو الكاملة أو المقشورة أو العجينة أو المسحوق بمحلول قلوي غالبا مايكون كربونات صوديوم أو بوتاسيوم لتغيير اللون إلي لون أكثر دكانة . وقد يستعمل أيضا في هذه المعاملة بيكربونات صوديوم أو بوتاسيوم ، أو هيدروكسيد صوديوم أو بوتاسيوم أو كالسيوم ، وكذلك كربونات أو هيدروكسيد الأمونيوم . وفي حالة إجراء المعاملة بالقلوي لمسحوق الكاكاو يفضل إستخدام مركبات الأمونيوم لسهولة إزالتها بالحرارة بعد ذلك . وكما أن للمعاملة بالقلوي تأثيرها علي منتجات الكاكاو السابق الإشارة إليها فإنها لها أيضا تأثيرها علي نكهة الكاكاو .

ومن أهم التفاعلات التي تحدث نتيجة المعاملة بالقلوي مايلي :

- معادلة الأحماض الحرة فقط ولاتحدث تصبن .
- حدوث تغير في مركبات البولي فينولات وتلاحظ تلك التغيرات بتغير اللون .
- تحطيم نسبة من البروتينات .
- إنتاج جزئيات الكاكاو .
- رفع رقم الـ pH من 5.2 - 5.6 حتي 6.8 - 7.5

وإذا زاد تركيز القلوي أثناء المعاملة تزداد دكانة اللون ويعرف الكاكاو في تلك الحالة بالكاكاو الأسود Black cocoa ويكون رقم الـ pH له حوالي 8.5 وله نكهة غير سائغة . ويستخدم في تلوين المنتجات المضاف إليها "Pigmentation " .

ويوضح الجدول (4.2) بعض التغيرات التي تحدث في بذور الكاكاو نتيجة معاملتها بتركيزات وكميات متباينة من محلول كربونات الصوديوم .

جدول رقم (4.2) : بعض التغيرات التي تحدث في بذور الكاكاو بعد معاملتها بالقلوي .

المعاملة	كمية كربونات البوتاسيوم بالكجم/100 كجم فلقات	كمية الماء بالكجم/100 كجم فلقات	% لتركيز محلول كربونات البوتاسيوم	pH	اللون
1	1.7	20	8.5	7.3	بني غامق Dull brown
2	1.7	50	3.4	7.2	بني محمر Reddish brown
3	2.5	50	5.0	7.6	أحمر غامق Deep red

المصدر : نفس المصدر ، جدول رقم (3.2) .

وتجدر الإشارة إلي صعوبة توحيد صفات المنتج بعد المعاملة بالقلوي .

وتتم المعاملة بالقلوي علي الفلقات (بذور الكاكاو المقشورة) برش محلول القلوي الساخن علي إسطوانات التحميص بعد تغطيتها بالفلقات ثم تجفف الفلقات المعاملة بالقلوي ببطيء علي 100 درجة مئوية أو أقل مما يؤدي لتطور وظهور اللون المرغوب .

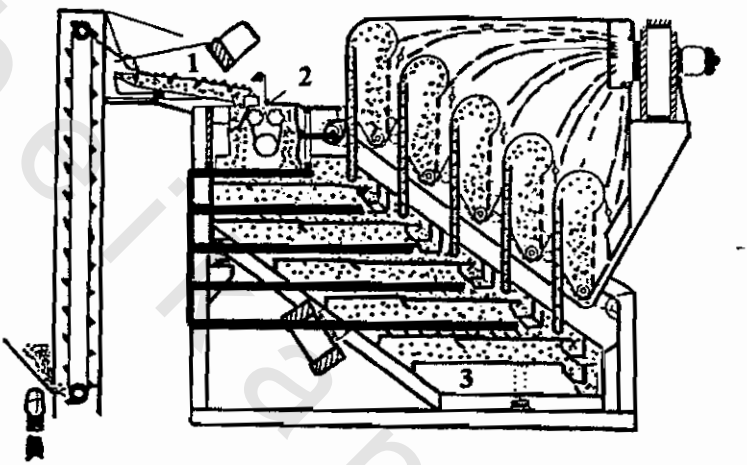
6.3.2- عملية الذر أو الغربلة Winnowing (Cracking & Fanning)

تعتبر البذور المقشورة (الفلقات nib) الجزء من البذور ذا القيمة التجارية ، أما القشرة الخارجية Shell فيمكن إعتبارها من مخلفات الصناعة ولو أنه يمكن إستغلالها في بعض المنتجات لما تحتويه من نسبة ضئيلة من مكونات النكهة . لذلك تجري عملية فصل القشور عن الفلقات إعتمادا علي الإختلاف في كثافتهما . ويتم فصل القشور عن الفلقات بعملية مزدوجة وهي الغربلة seiving ثم التنقية بالهواء Air elutriation . وتقاس كفاءة عملية الفصل بإمكانية فصل القشور كاملة قدر الإمكان دون أية بقايا منها مرتبطة بالفلقات. وتتكون بذرة الكاكاو ذات الـ 6.5% رطوبة من المكونات التالية :

الفلقة Nib or Cotyledon وتبلغ نسبتها 87.1% من بذور الكاكاو ، أما القشرة فتمثل نسبتها 12% ، والجنين وتبلغ نسبته حوالي 0.9% .

ويتراوح المحتوي الرطوبي لقشور بذور الكاكاو الخام من 8 إلي 10% أما الفلقات فيتراوح محتواها الرطوبي بين 4 إلي 5% .

ويوضح شكل (3.2) جهاز فصل قشور بذور الكاكاو عن فلقاتها .



شكل رقم (3.2) : جهاز فصل قشور بذور الكاكاو عن فلقاتها

1. مناخل هزازة لفصل البذور المكسورة
2. اسطوانات ضاغطة لكسر القشور
3. مناخل هزازة مائلة وسحب القشور بالتفريغ الهوائى

تجري عملية فصل القشور من بذور الكاكاو المحمصة كما يلي :

- يتم أولا تفكيك القشرة الخارجية بعملية التحميص السابق الإشارة إليها .
- يتم تكسير القشرة بضغط خفيف للمحافظة علي القشرة في حالة شبه كاملة وكذلك الفلقة ولتجنب التفتت وتكون جزئيات صغيرة وغبار من القشور والفلقات الذي قد يحدث إذا مازاد الضغط أثناء عملية تهشيم القشرة .

- وتجري عملية التهشيم بإسطوانات مسننة (شكل 3.2) لكسر القشرة أو بواسطة إسطوانات (بينها مسافات ضئيلة) سداسية الشكل تدور في نفس الإتجاه .

- تعقب عملية تهشيم القشرة عملية غربلة بواسطة غرابيل هزازة بسعة ثقوب مختلفة تكون أكبر في الغرابيل العلوية ثم تقل سعة الثقوب تدريجيا لأسفل .

- تكون الغرابيل مائلة قليلة لسهولة تجميع القشور في جانب الغربال ثم تشفط القشور بالتفريغ بالهواء Pneumatic suction .

- أما الغبار الدقيق فيجمع بنظام السيكلون Cyclone السابق دراسته في مقرر تكنولوجيا الحبوب بعد مرحلة الغربلة .

ويوضح جدول (5.2) حدود نسب مكونات بذور الكاكاو المقشورة والأجزاء الأخري بعد خروجها من أجهزة الفصل winnowing المختلفة .

جدول (5.2) : حدود نسب مكونات بذور الكاكاو المقشورة ، وغبار الفلقات ، وغبار القشور والقشور الكبيرة (كنسبة مئوية) .

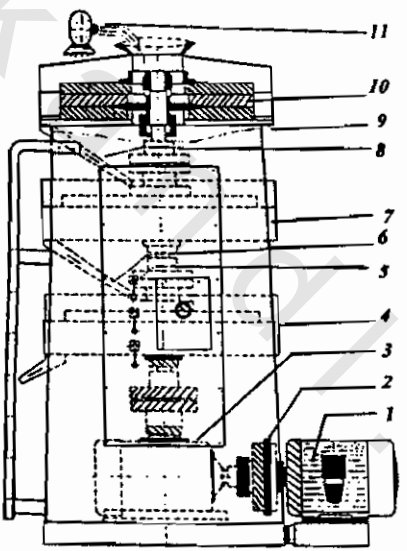
المكون	فلقات كبيرة Large nib	فلقات صغيرة Small nib	غبار الفلقات Nib dust	غبار القشور ، القشور الصغيرة وغبار السيكلون Sheel dust, Small shell, Cyclone dust	القشور الكبيرة Large shell
الرطوبة	3.5-2.0	6.0-3.5	7.5-3.8	9.0-7.0	10.0-8.0
زبدة الكاكاو	52.5-55.5	35.0-48.0	30.0-36.0	17.0-5.0	3.0-2.0
القشور Shell	1.5-0.2	-	-	-	-
الجنين Germ	1.5-0.1	-	-	-	-

وتقاس كفاءة عملية فصل القشور عن الفلقات Winnowing بمدي خلو الفلقات من بقايا القشور والجنين ، فكلما قلت نسبتهم في الفلقات دل ذلك علي كفاءة الأجهزة المستخدمة ولذلك تضاف في أجهزة الفصل وحدات لفصل الجنين .

7.3.2- طحن الفلقات وتحويلها لعجينة :

يتم تحويل الفلقات إلي عجينة بواسطة عدة أنواع من الآلات . فللفلقات تركيب خلوي يحصر بداخله الدهن في صورته الصلبة . وبعملية الطحن تنفجر الخلايا وتؤدي حرارة الإحتكاك الناتجة عن الطحن والحرارة المضافة بالتسخين لصهر الدهن ويقل حجم الجزئيات غير الدهنية وتختلط بالدهن فتصبح العجينة الناتجة أكثر سيولة بإنصهار الدهن. وتعتمد لزوجتها علي درجة التحميص التي تسبق الطحن والمحتوي الرطوبي للفلقات .

وتتكون مطاحن الكاكاو غالبا من مطاحن حجارة عبارة عن ثلاثة أزواج من أقراص الحجارة الدائرية الأفقية يحركها إطار ، ويتكون كل زوج من حجر ثابت سفلي وحجر علوي متحرك وتتحكم المسافة بين الحجارة في دقة حجم الجزئيات بعد الطحن (شكل 4.2)



شكل (4.2) : آلة لطحن فلقات الكاكاو

1. موتور.
2. وحدة نقل حركة.
3. صندوق تروس.
4. زوج حجارة الطحن السفلية.
5. وحدة التحكم فى المسافة بين الحجارة.
6. قناة مرور فلقات مطحونة.
7. زوج حجارة الطحن المركزية.
8. قناة مرور فلقات مطحونة.
9. حجارة طحن سفلية.
10. حجارة طحن علوية.
11. مضخة دفع فلقات الكاكاو.

وفي آلة طحن فلقات الكاكاو الموضحة في شكل (4.2) تتم تغذية الفلقات المكسورة أو المطحونة جزئيا الي مركز وحدة الطحن الحجرية ، وبالطحن تتحرك جزئيات الفلقات المطحونة نحو حافة قرص الحجارة ، ولتحسين الطحن توجد نقوش وقنوات في قرص الحجارة . وتحتاج أقراص الحجارة الدائرية للتجديد بصفة مستمرة بسبب التآكل . وقد تم تقليل التآكل بإنتاج نوع جديد من الحجارة يسمي Aloxite stones تتميز بمقاومتها للتفتت وتبطن قنواتها الداخلية بالحديد .

ويبلغ معدل إنتاج مطاحن الكاكاو المتطورة حوالي 1200 كجم / ساعة ... وتنتج عجينة ومسحوق كاكاو ناعم جدا يتراوح أحجام جزئياته من 90-110 ميكروميتر . وتخرج عجينة الكاكاو بعد الطحن من غرفة توزيع لها عدة مخارج حتي تنتشر منها العجينة علي إسطوانات لفرد العجينة لتخرج علي هيئة شرائط رقيقة يتم تبريدها حتي تتصلب جزئيا بإمرار ماء تبريد في إسطوانات الفرد .

8.3.2- تصنيع عجينة الكاكاو Processing of Cocoa Liquor

تعامل عجينة الكاكاو الخام بعد عملية الطحن وخروجها شبه سائلة عدة معاملات أهمها :

1.8.3.2- تسخين العجينة في طبقات رقيقة :

- Thin film roasting with air scrubbing

حيث تفرد العجينة علي صواني وتسخن بالبخار أو قد يتم تسخين طبقات رقيقة من العجينة علي سطح اسطوانات ساخنة بهدف إزالة النكهات غير المرغوبة مع بخار الماء المتصاعد من العجينة بعد المعاملة الحرارية . وتتراوح درجات الحرارة اللازمة لتلك المعاملة بين 80-110 درجة مئوية ويمكن إضافة 2-3% ماء علي العجينة قبل إجراء تلك المعاملة ليساعد علي تصاعد الأبخرة من العجينة حاملة معها مركبات الروائح والنكهات غير المرغوبة .

2.8.3.2- المعاملة بالقلوي Alkalinization

وقد سبق دراسة هذه المعاملة (ص 68 ، 69) .. وعادة كما سبق القول يفضل معاملة عجينة الكاكاو بمركبات الأمونيوم لسهولة إزالتها بالحرارة بعد ذلك .

3.8.3.2- كبس العجينة Liquor pressing

تعامل عجينة الكاكاو بضغط شديد لسحقها وتوحيد صفاتها وذلك بإستخدام مكابس أفقية تملأ بالعجينة الساخنة وتضغط العجينة في المكبس - فينتج عن ذلك إزالة جزء من زبدة الكاكاو ينفصل من العجينة أثناء عملية الضغط . ومما هو جدير بالذكر أن العجينة الناتجة من كاكاو سبق تحميصه تستجيب بدرجة أكبر للضغط أثناء عملية الكبس .

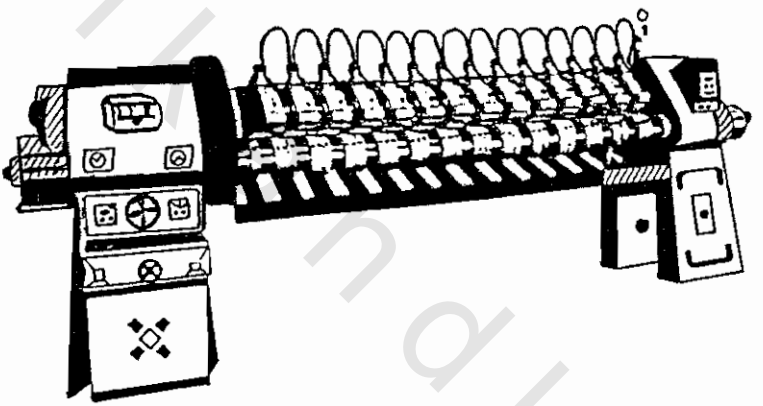
ويجب أن تتوفر الشروط التالية أثناء عملية الضغط :

- أن تتراوح درجة الحرارة بين 95-105 درجة مئوية
- أن يكون المحتوي الرطوبي للعجينة من 1-1.5% عند تقديره بطريقة التقطير بإستخدام التولوين كمذيب .
- يفضل إجراء تجنيس جيد للعجينة قبل إجراء الضغط .
- حجم الجسيمات Particle size : يجب أن يكون حجم جسيمات الكاكاو دقيقا بدرجة كبيرة حيث يفضل أن تمر نسبة 98% من جزئيات الكاكاو من خلال غرابيل عدد ثقوبها 400 في البوصة المربعة ، وتفضل هذه العجينة الناعمة في صناعة الشوكولاته أو الكاكاو فائق النعومة ، إلا أن الاستجابة للضغط تكون أكبر عندما تكون جزئيات العجينة أكثر خشونة بمرور 98% من جزئيات الكاكاو خلال غرابيل عدد ثقوبها 200 في البوصة المربعة .
- وتتراوح الضغوط المستخدمة في المكابس من 2100-4200 كجم/سم^2

ويوضح شكل (5.2) قطاعا في مكبس لعجينة الكاكاو Liquor press يستخدم في كبس عجينة الكاكاو وفصل جزء من زبدة الكاكاو وتستغرق عملية كبس العجينة حوالي 15 دقيقة لخفض نسبة الدهن فيها إلي حوالي 24% أما إذا استغرقت عملية الكبس حوالي 30 دقيقة تمتص نسبة الدهن في الكيك الناتج بعد الكبس إلي حوالي 12% فقط . وعند الكبس يقفل المكبس ويملأ أوتوماتيكيا بالعجينة الساخنة تحت ضغط ، وأثناء عملية الملأ يتسرب جزء من زبدة الكاكاو الحرة من الجدر المثقبة للمكبس . ثم تتعرض عجينة الكاكاو لضغط شديد . وتتميز المكابس الكبيرة بأنها تنتج حوالي 1500 كجم/ساعة عندما

تكون نسبة زبدة الكاكاو في الكيك المبتقي بعد الضغط حوالي 24% . ولإنقاص نسبة زبدة الكاكاو في الكيك وفصل كمية أكبر منها تخفض سرعة الكبس بحيث ينتج نفس المكبس السابق الإشارة اليه حوالي 550-700 كجم/ساعة من الكيك الذي يحتوي على 10-12% زبدة كاكاو . ويمكن التحكم في نسبة الدهن في كيك الكاكاو الناتج بالزمن الذي تستغرقه العجينة في عملية الكبس ، ووزن عجينة الكاكاو ، وطول مشوار الضاغط .

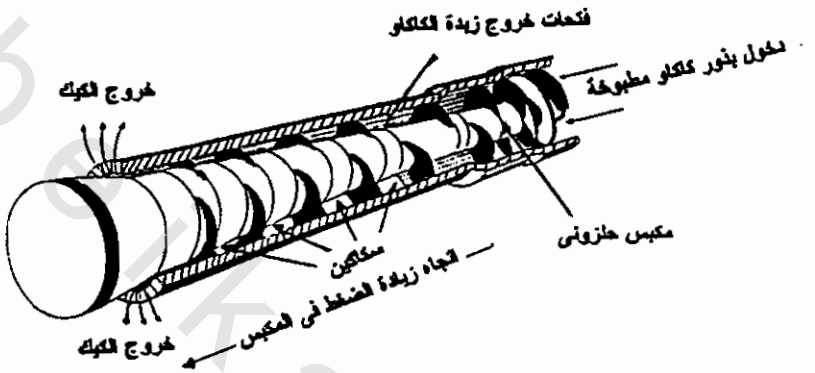
وبعد إزالة الكمية المطلوبة من زبدة الكاكاو يعكس إتجاه الضاغط ويفتح المكبس ويسمح لكيك الكاكاو بالسقوط في الوعاء المخصص لذلك أو يتم سكب الكيك على سير متحرك حيث تجري عليها عملية التصنيع التالية وهي الطحن .



شكل (5.2) : مكبس لعجينة الكاكاو

ويمكن إجراء عملية الكبس علي فلقات الكاكاو المحمص مباشرة بإستخدام المكابس الحلزونية Screw presses أو أجهزة البثق Extrusion . وتتم عملية الكبس بواسطة المكابس الحلزونية (شكل 6.2) بدفع فلقات الكاكاو المحمص من خلال المكابس التي تتكون من أنبوبة اسطوانية من الصلب إسطوانية الشكل يدور داخلها حلزون دائري . وتوجد علي طول الأنبوبة الإسطوانية ثقوب ضيقة يخرج من خلالها زبدة الكاكاو . حيث تتعرض الفلقات التي تتحرك داخل المكبس لقوة تؤدي لتحطيمها ويزداد الضغط تدريجيا أثناء اندفاع الفلقات المهشمة إلي مقدمة المكبس مما يؤدي لخروج الدهن من البذور من خلال الفتحات الضيقة علي جدر الأنبوبة الإسطوانية وفي نفس الوقت تسحق الفلقات حتي

تتحول لكيك يخرج من خلال الفتحة الموجودة في نهاية المكبس ، ويحتوي الدهن المنفصل علي نسبة من مسحوق الكاكاو يتم التخلص منها بالترشيح أو الطرد المركزي للحصول علي دهن نقي.



شكل (6.2) : رسم تخطيطي لمكبس حلزوني

ويوضح شكل (6.2) رسم تخطيطي لأحد أنواع المكابس الحلزونية ويجب أن تعامل فلقات الكاكاو بالبخار قبل ضغطها في هذا النوع من المكابس لتطريتها ولتسهيل خروج الدهن منها . وبعد إستخراج الدهن من الفلقات يمكن طحن الكيك الناتج إلي مسحوق يستخدم في مكونات مواد التغطية للبسكويت أو المخبوزات .

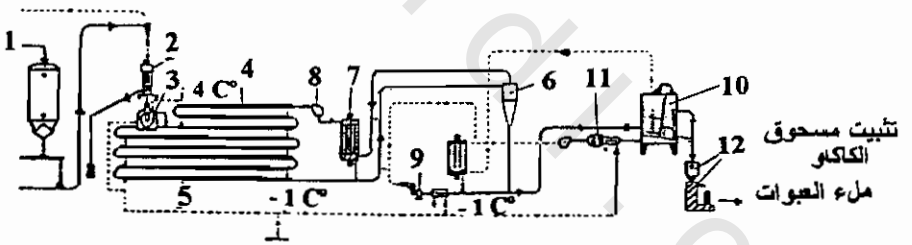
9.3.2- طحن الكاكاو Cocoa grinding

بعد إنتاج الكيك من فلقات الكاكاو وإنتاج زبدة الكاكاو يتم تحويل الكيك بمختلف أنواعه إلي مسحوق ناعم حيث كانت عملية الكبس قد أدت إلي تكوين جزئيات دقيقة ولكنها تتكتل في صورة كتل متضغطة (نتيجة الكبس) شكلها إسطواني . ويتم أولا تكسير هذه القطع الإسطوانية في آلات تكسير breaker عبارة عن إسطوانات مسننة تدور فتجرش وتكسر الكيك لجزئيات صغيرة في حجم حبة الفول . ثم يتم طحن هذه الجزئيات في مطاحن خاصة لإنتاج مسحوق ناعم .

ويجب أن يؤخذ في الإعتبار مايلي :

- تكون جزئيات الكاكاو ناعمة أصلا بعد عملية الطحن الأولي . وتعتبر عملية الطحن الثانية عملية فك للتكتل الناجم عن الضغط الهيدروليكي مما يوضح أهمية عملية الطحن الأولي .
- يؤدي وجود نسبة من زبدة الكاكاو في المسحوق لضرورة إستخدام هواء تبريد أثناء الطحن ، حيث يؤدي إرتفاع درجة الحرارة أثناء الطحن عن 34 درجة مئوية لإنصهار الدهن ، وتباين نسبة الزبد في المسحوق مما يؤدي لعدم تجانس لون مسحوق الكاكاو وإعادة تماسكه مرة أخري في صورة كيك . ولذلك يجب التحكم في درجات الحرارة أثناء عملية الطحن .
- يجب أن يكون هواء التبريد المستخدم في آلة الطحن جافا ولاتزيد رطوبته النسبية عن 50-60% في المطحنة وإذا زادت الرطوبة النسبية عن ذلك يزيد المحتوي الرطوبي للكاكاو وتظهر مشاكل ميكروبيولوجية بإعطاء الفرصة لنمو الفطريات .

ويوضح شكل (7.2) رسم تخطيطي لتصميم حديث لوحدة طحن وتبريد وتثبيت لمسحوق الكاكاو .



شكل (7.2) : وحدة حديثة لطحن وتبريد وتثبيت مسحوق الكاكاو

1. دخول كيك الكاكاو
2. كشاف معادن
3. مطحنة
4. تبريد هواء
5. تبريد كاكاو
6. شفط غبار الكاكاو
7. مرشح تنظيف ذاتي
8. مروحة
9. سير جزاز للتبريد بهواء بارد
10. تبريد مسحوق الكاكاو
11. تبريد الهواء
12. التعبئة والوزن

4.2- درجة نعومة جزئيات الكاكاو Cocoa fineness

تعتبر درجة نعومة وحجم جزئيات مسحوق الكاكاو أهم صفة في الأهمية بعد نهكته ولونه حيث تتأثر درجة الذوبان بحجم حبيباته ودرجة نعومتها فالجزئيات الخشنة تستقر بسرعة في الشراب وتعطي راسب خشن غير ذائب في المشروبات أو الآيس كريم .

وفي منتجات الكيك والمخبوزات يفضل أيضا أن يكون مسحوق الكاكاو ناعما جدا ليعطي لونا مرغوبا . ويتم تقدير درجة نعومة الكاكاو بأحد إختبارين :

1- إختبار الترسيب The sediment test

2- إختبار الغربلة The sieving test

5.2- نكهة ورائحة الشوكولاته Chocolate flavor and aroma

تلعب عمليتي تخمير وتجفيف بذور الكاكاو دورا أساسيا في ظهور المركبات التي سوف تنشأ عنها نكهة الشوكولاته بعد عملية التحميص .

وتقسم المركبات المسئولة عن رائحة ونكهة الشوكولاته إلي :

1.5.2- مركبات متطايرة

حيث أمكن بالتقطير البخاري لبذور الكاكاو المحمصة ثم إستخلاص مركبات الرائحة بالهكسان التعرف علي المركب الرئيسي في المستخلص وهو مركب الليناالول Linalool بالإضافة لبعض الأحماض العضوية والإسترات . وبتقدم طرق التحليل أمكن التعرف علي حوالي 200 مركب .

- ثبت أن المركبات المسئولة عن نكهة بذور الكاكاو غير موجودة في الوسط الدهني ولو أن الدهن نفسه يساهم بقدر كبير في نكهة الشوكولاته المحببة خاصة شوكولاتة اللبن .

- دلت الدراسات الحديثة أن للأحماض الأمينية والسكريات دورا كبيرا في تكوين النكهة والرائحة النهائية للشوكولاته خاصة في مرحلة التحميص حيث تتحطم بفعل الحرارة وينتج عنها نواتج متطايرة تساهم بقدر كبير في مكونات الرائحة .

2.5.2- مركبات غير متطايرة مسئولة عن نكهة الشوكولاته

إذا ماأزيلت المركبات المتطايرة من الكاكاو بالتقطير البخاري وتم تصنيع البذور (بعد إزالة المركبات المتطايرة منها) إلي شوكولاته فإن طعمها لايزال له معظم صفات طعم الشوكولاته برغم أنه قد يكون أقل حدة .

ويمكن بإيجاز تحديد المركبات غير المتطايرة المسئولة عن نكهة ورائحة الشوكولاته فيما يلي :

- **Flavonoids** : حيث تم التعرف علي عدد من مركبات الفينولات العديدة polyphenols ومنها مركبات الكاتكينات Catechins ومركبات الأنثوسيانات Anthocyanins .
- **الأحماض الأمينية** : كثير منها له طعم مميز ويمكن أن تساهم في تكوين الأطعمة المرة أو الحلوة .
- **الأحماض العضوية ، والأحماض الفينولية** : وقد تم عزل عدد كبير منها .
- **الكربوهيدرات** : مثل الجلوكوز والفركتوز وكميات ضئيلة جدا من السكروز وناتجات تفاعل ميلارد Maillard reaction بين الأحماض الأمينية والسكريات المختزلة .
- تأكد أيضا من مساهمة مركبات البيرازين في نكهة الشوكولاته وقد إستخدم تقديرها كدليل علي درجة التحميص Degree of roasting .

6.2- صناعة الشوكولاته Chocolate Manufacture

تتكون المكونات الرئيسية لصناعة الشوكولاتة من فلقات الكاكاو ، وعجينة الكاكاو ، والسكر والمحليات الأخري ، وزبدة الكاكاو ، بدائل زبدة الكاكاو ، مسحوق اللبن ، فتات اللبن والسكر والشوكولاته milk crumb (وتتكون من عجينة كاكاو 3.5% ، سكر 53.5% جوامد لبن 32.0% ، رطوبة 1%) ، ومواد الإستحلاب .

1.6.2- فلقات وعجينة الكاكاو : Cocoa nibs, Cocoa liquor

سبق شرح طريقة تصنيع فلقات الكاكاو وعجينة الكاكاو ، ويفضل لإعداد شوكولاتة اللبن وبعض أنواع الشوكولاتة الأخري أن تكون درجة الحرارة التي إستخدمت في تحميص فلقات الكاكاو منخفضة نسبيا .

ولأصناف الكاكاو تأثيرا كبيرا علي نكهتها بغض النظر عن طرق تصنيعها فهناك الصنف Criollo وهو الصنف الأصلي للكاكاو إلا أن نسبته في التجارة الدولية أصبحت ضئيلة ، وهناك الصنف Forastero ويعتبر المصدر الرئيسي لبذور الكاكاو ويمثل أعلي نسبة في التجارة الدولية ويوجد بصفة رئيسية في دول غرب إفريقيا (جدول 1.2) والبرازيل وماليزيا . أما الصنف Trinitario فهو من الأنواع المهجنة وراثيا ويستخدم بصورة محدودة في بعض أنواع الشوكولاتة . ويوجد في الأكوادور ، ترينيداد ، كوستاريكا، المكسيك .

ونظرا لتباين نكهة بذور الكاكاو بصورة كبيرة تحرص بعض شركات منتجاته الكبيرة علي شراء بذور الكاكاو اللازمة لها من مناطق إنتاج معينة .

أما عجينة الكاكاو التي يتم تصنيعها في الدول المنتجة للكاكاو ، ففي بعض الأحيان، ، تكون درجة جودتها منخفضة لذلك تعامل بعض المعاملات لإزالة النكهات الغريبة منها قبل تصنيعها إلي شوكولاتة .

2.6.2- السكريات والمحليات الأخري : Sugar and other sweeteners

يستخدم السكروز عالي الجودة في تصنيع بعض أنواع الشوكولاتة ، ولايمثل لون السكر أهمية كبيرة عند تصنيع الشوكولاتة نظرا للونها البني الذي لايتأثر بلون السكر كما

هو الحال مثلا في منتجات الحلوي البيضاء اللون كالفوندان . ولذلك قد تستخدم بعض نوعيات السكر الأقل جودة في تصنيع الشوكولاتة مثل السكر الخام المغسول ولو أنه يحتوي علي نسبة من السكر المحول والرطوبة مما قد يسبب بعض المشاكل في عملية الـ Refining فبينما تتهشم بللورات السكر النقي بسهولة أثناء تلك العملية فإن وجود الرطوبة والسكر المحول في السكر قد يؤدي لتكوين بللورات إسطوانية الشكل تؤثر سلبيا علي قوام الشوكولاتة وتسبب صعوبات في عمليات الدهك conching والتشكيل .

وقد يستبدل جزء من السكر بالدكستروز وشراب الذرة (شراب الجلوكوز) ويستخدم في تلك الحالة الدكستروز اللامائي Anhydrous dextrose . ويسبب شراب الذرة اللامائي بعض المشاكل في صناعة الشوكولاتة بسبب هيجروسكوبيته العالية فتمتص الرطوبة أثناء التصنيع ، وقد تستخدم بعض المركبات الأخري التي تقلل الحلاوة وتقلل التكاليف مثل المحليات اللاسكرية كالسوربيتول والمانيتول والزيليتول .

3.6.2- زبدة الكاكاو : Cocoa butter

تكسب الصفات الطبيعية لزبدة الكاكاو الشوكولاتة القوام المناسب والنكهة المميزة التي لايمكن الاستغناء عنها في منتجات الشوكولاتة المختلفة .

4.6.2- منتجات الألبان : Milk products

يستخدم عادة في صناعة الشوكولاتة مسحوق اللبن الكامل أو المنزوع الدهن وفي بعض الدول يسمح بإستخدام الشرش (بعد التخلص من الأملاح) وكذلك فتات اللبن والسكر والشوكولاتة milk crumbs وقد يستخدم أيضا السمن الطبيعي مع مسحوق اللبن منزوع الدهن لتشابه الصفات الطبيعية للسمن الطبيعي مع زبدة الكاكاو .

5.6.2- المواد المستحلبة Emulsifiers

يعتبر الليسيثين أكثر المواد المستحلبة إستخداما في صناعة الشوكولاتة ويوفر من كمية زبدة الكاكاو المضافة لمخلوط الشوكولاتة .

6.6.2- الدهون الأخري : Other fats

تسمح بعض الدول بإضافة كميات قليلة من أنواع الدهون الأخري في حدود 5% . وتعرف بعض أنواع هذه الدهون ببدائل زبدة الكاكاو . ويجب أن تكون صفاتها الطبيعية والكيماوية مشابهة لزبدة الكاكاو .

7.6.2- المواد المنكهة Flavorings

تأتي نسبة كبيرة من نكهة الشوكولاتة خاصة الشوكولاتة الداكنة من نوع بذور الكاكاو المستخدم في الصناعة . وفي شوكولاتة اللبن ، تؤدي عملية كرملة اللبن لتكون نكهة مميزة في المخلوط . وقد تضاف للشوكولاتة بعض المواد الأخري التي تكسبها نكهة خاصة كالفانيليا ، القرفة ، وزيت القرفة ، زيت اللوز ، زيت الليمون ، زيت البرتقال ، وبعض أنواع المواد العطرية والمواد الراتنجية وكذلك مواد النكهة غير الطبيعية .

8.6.2- المكونات معادة التصنيع Rework

وهو الاسم الذي يطلق علي أنواع الشوكولاتة والحلوي التي يعاد تصنيعها مرة أخري بسبب ظهور عيوب فيها لاتسمح بتسويقها مباشرة بعد تصنيعها ، لذلك فقد يعاد إضافتها في صورة عجائن أو شراب أو فتات كجزء من مكونات الشوكولاتة . وتمنع بعض الدول إضافة تلك المكونات حيث أنها قد تفتح المجال لغش الشوكولاتة بمكونات لاتستخدم أصلا في تصنيعها .

7.2- عمليات تصنيع الشوكولاتة

تتلخص خطوات تصنيع الشوكولاتة (الخام أو شوكولاتة اللبن) في الخطوات التالية:

1- إعداد المكونات ← 2- خلط المكونات ← 3- التنعيم Refining ← 4- تحويل المخلوط إلي عجينة سائلة جزئيا ← 5- الدهك أو معاملة بديلة ← 6- ضبط اللزوجة والنكهة .

1.7.2- إعداد المكونات : Preparation of ingredients

يتم طحن المكونين الأساسيين السكر وفلقات الكاكاو سواء قبل عملية الخلط أو بإستخدام آلة تجري كلا المعاملتين (الطحن والخلط) سويا . ويؤدي طحن السكر من الصورة المتبلورة إلي المسحوق الناعم إلي مخاطر إنفجار آلات الطحن كما أنه يؤدي لإحداث ضوضاء شديدة .. لذلك قد تتجنب العمليات التصنيعية طحن السكر بمفرده .

تسال زبدة الكاكاو والدهون الأخري دون تعرضهما لتسخين زائد ويجب استخدامهما في التصنيع بعد الإسالة مباشرة . وينصح كذلك بعدم تخزين مسحوق اللبن في صوامع مفتوحة بل يفضل إستخدامه بمجرد فتح عبواته . ويجب ألا يزيد المحتوي الرطوبي عن 3% حيث تؤدي زيادته عن 4% لإحتمال حدوث تجلد للقوام Staling . وقد يتم إجراء عملية تجفيف إضافية علي مسحوق اللبن ومسحوق الكاكاو قبل الخلط خاصة عند تصنيع شوكولاتة للتغطية .

2.7.2- الخلط Mixing

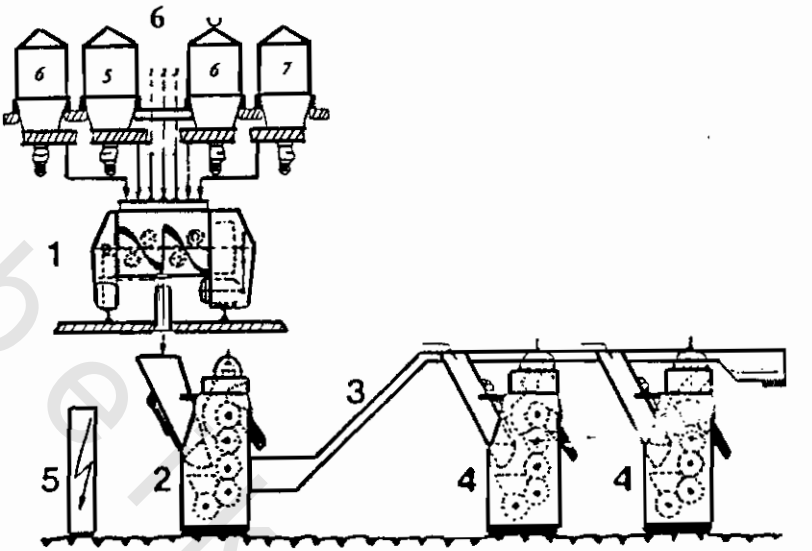
في معظم مصانع الشوكولاتة الحديثة تدفع المكونات إلي أوعية الخلط ببرنامج يتم تشغيله بالحاسب الآلي لضبط مكونات التركيبة تماما وتوحيد صفات المنتج النهائي . وقد لاتسبب الأخطاء الوزنية البسيطة في المكونات الأساسية لصناعة الشوكولاتة مثل السكر ، وعجينة الكاكاو أو مسحوق اللبن عيوبا جوهرية في المنتج النهائي أما أخطاء الوزن التي تحدث في المستحلبات أو المنكهات فقد يكون لها عواقب وخيمة في صفات المنتج النهائي.

فعلي سبيل المثال تتباين نسبة الليسيثين التي تضاف لعجينة الكاكاو في مرحلة الخلط الإبتدائي بسبب ضرورة ثبات لزوجة عجينة الكاكاو حتي عند إختلاف صفات المكونات حتي يكون معدل خروجها من أجهزة الخلط إلي آلات التنعيم Refining ثابتا ، بمعني أن تكون كمية العجينة التي يتم تسليمها لآلات التنعيم محددة بدقة حتي تخرج منها بنفس المواصفات لكل دفعة . ويستغرق عادة وقت الخلط من 12-15 دقيقة .

هذا وقد تجري عمليتي الخلط والتنعيم Refining في جهاز واحد كما في شكل (8.2) .

وتؤدي عملية الخلط قبل التنعيم إلي إنتاج عجينة شوكولاتة تتميز بقوام خشن لحد ما ومتانة ولها بلاستيكية عالية . ومن الأهمية بما كان تماسك قوام عجينة الشوكولاتة لأن عدم التماسك يؤدي لإلتفاف عجينة الشوكولاتة علي إسطوانات التنعيم بطريقة غير سليمة وسمك غير متجانس .

وعادة ماتجري في معامل رقابة الجودة في مصانع الشوكولاتة التجارب المبدئية علي أي تركيبة جديدة قبل إدخالها لخطوط التصنيع لتحديد مواصفات التشغيل .



شكل (8.2): شكل تخطيطي لنظام خلط وتنعيم ثنائي لمخلوط الشوكولاتة

1. وحدة خلط مكونات الشوكولاتة الخام
2. خمسة اسطوانات تنعيم ابتدائي
3. سيور ناقلة لنقل الشوكولاتة لخط التنعيم
4. خمسة اسطوانات تنعيم نهائي للشوكولاتة
5. وحدة تغذية للمكونات بنظام التحكم الآلي
6. تخزين المواد الخام

3.7.2- تنعيم عجينة الشوكولاتة Refining

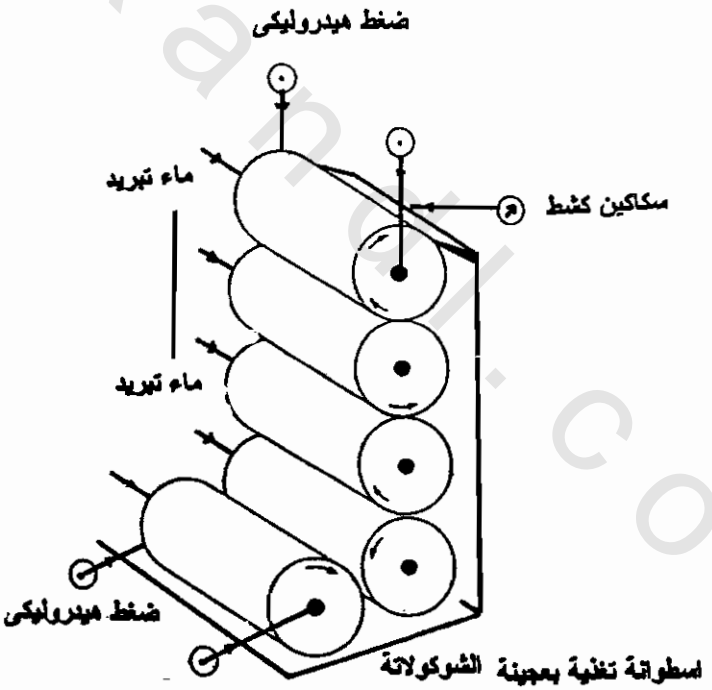
تعتبر عملية تنعيم Refining الشوكولاتة من العمليات الهامة التي تشكل القوام الناعم المرغوب في صناعة الشوكولاتة . ويتباين الحجم المرغوب لجزئيات الشوكولاتة بعد عملية التنعيم مابين 25-75 ميكروميتر . فإذا مازادت عملية التنعيم عن حدودها القصوي ونقص بالتالي حجم جزئيات الشوكولاتة عن 25 ميكروميتر ، يعيب الشوكولاتة الناتجة قوامها اللزج Slimy texture خاصة في حالة شوكولاتة اللبن .

ويؤثر علي طعم وقوام الشوكولاتة الجزئيات في الخلطة ذات الحجم الأكبر مثل السكر ، وعجينة الكاكاو ، وفتات خلطة مسحوق اللبن مع السكر وعجينة الكاكاو milk

crumbs ، ولكلٍ إحساس بالطعم والقوام مختلف عن الآخر . فبلـورات السـكر تعطـي إحساس في الفم بالخشونة ولكنها تذوب بسهولة في اللعاب أما جزئيات الكاكـاو فتعطـي إحساساً مستمرا بالخشونة أما فتات خلطة مسحوق اللبن مع السكر وعجينـة الشـوكولاتة فلها قواما ناعما ولكنها تذوب بعد فترة قصيرة في الفم ، ويعتقد أن وجودها يؤدي للتغلـب علي الإحساس بالقوام اللزج .

ولتوزيع أحجام جزئيات مكونات الشوكولاتة أهمية خاصة من حيث الإحساس بطعم الشوكولاتة حيث يعزي الإحساس بطعم الشوكولاتة بدرجة كبيرة للجزئيات الكبيرة ويـؤدي وجود نسبة عالية من الجزئيات الدقيقة في خلطة الشوكولاتة إلي ضرورة إضافـة نسـبة أعلي من زبدة الكاكاو في خلطة الشوكولاتة مما يزيد من التكلفة .

وتجري عملية التنعيم Refining بواسطة آلات تتكون عادة من خمسة إسـطوانات rolls (أنظر شكلي 8.2 ، 9.2) مرتبة رأسيا ويتم تغذيتها بعجينة الشوكولاتة بدءا من



شكل (9.2): رسم تخطيطي لنظام حديث لتنعيم عجينة الشوكولاتة

الإسطوانة السفلية . وتصنع الإسطوانات الخمسة من الصلب القوي والذي يشكل بطريقة معينة تسمح لفيلم الشوكولاتة المعرض للضغط بين الإسطوانات أن ينتشر علي سطح الإسطوانة كلها .

وتزداد سرعة دوران آلة التنعيم Refining machine من أسفل إلي أعلي (نظام تزايد السرعة differential) مما يسمح بإنتقال فيلم الشوكولاتة من الإسطوانة السفلية إلي الإسطوانة التي تليها ، فالتي تليها .. وهكذا حتي تصل إلي الإسطوانة الخامسة فيتم كشطها بسكاكين الكشط .

وفي وحدات تنعيم الشوكولاتة الحديثة يتم التحكم في الضغط بين البكرات هيدروليكيا وتتم تبريد كل إسطوانة من الداخل بواسطة رشاشات ماء Water jets تنتظم قوة إندفاعها لتبريد الإسطوانات بواسطة ثرموستات حرارة لضخ كمية الماء اللازمة للتبريد لدرجة حرارة معينة .

هذا ويجب إجراء عملية تحكم وتدقيق مستمر علي عملية تبريد الإسطوانات ، فيفضل أن تكون درجات حرارة الإسطوانات الخمسة كالتالي :

الإسطوانة السفلية التي يتم دفع عجينة الشوكولاتة إليها في البداية "Feed roll" من 26–35 درجة مئوية ، الإسطوانة الثانية من 26–35 درجة مئوية ، الإسطوانة الثالثة 29–40 درجة مئوية ، الإسطوانة الرابعة 38–49 درجة مئوية ، أما الإسطوانة الخامسة العلوية فتخفض درجة حرارتها إلي 26–35 درجة مئوية حتي يتم تسليم عجينة الشوكولاتة في صورة متماسكة في المرحلة التالية من التصنيع .

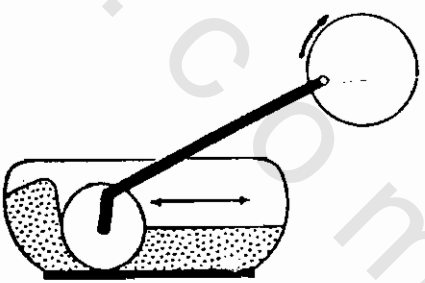
4.7.2- دهك عجينة الشوكولاتة Conching

تعتبر عملية دهك conching عجينة الشوكولاتة العملية التصنيعية الأخيرة التي تجري علي الشوكولاتة الخام أو الشوكولاتة باللبن . وهي عملية أساسية لإظهار القوام والنكهة النهائية للشوكولاتة . ويعزي إسم الآلة The conche التي تجري بها هذه العملية إلي كلمة لاتينية وهي Shell بمعني الصدفة أو المحارة حيث أن عملية الدهك conche التقليدية تتم بدهك عجينة الشوكولاتة حتي تكتسب السطح اللامع .

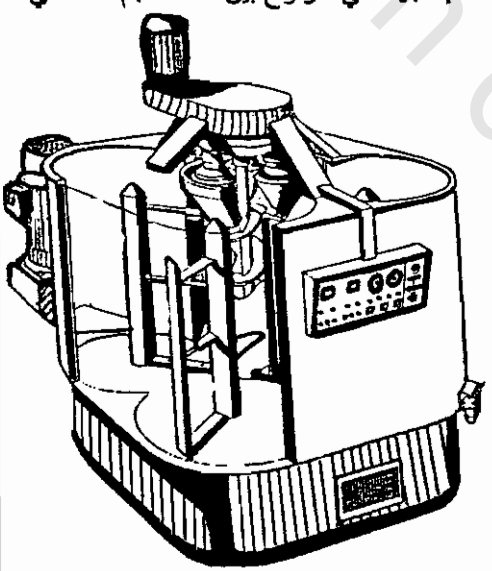
وتجري هذه العملية بإستخدام وحدة تتكون من وعاء من الجرانيت المسطح (شكل 10.2) تتحرك بداخله للأمام والخلف إسطوانات من الجرانيت ثقيلة الوزن متصلة بأذرع من الصلب لتحريكها وتتميز نهايتي وعاء الجرانيت بالشكل نصف الدائري (مقعر للداخل) لكي يمنع إنسكاب الشوكولاتة خارج وعاء الجرانيت ولكي يسمح كذلك بعودة عجينة الشوكولاتة إلي منتصف الوعاء مرة أخري وذلك أثناء مشوار إسطوانات الدهك للخلف .

وبرغم أن وحدة إجراء الدهك التقليدية (شكل 10.2) غير فعالة إلا أن لها تأثيرا أيجابيا علي نكهة وقوام الشوكولاتة . ويؤخذ علي تلك الطريقة أنها تحتاج لوقت طويل ، وتستهلك كميات كبيرة من الطاقة نظرا لثقل الإسطوانات الجرانيتية ، كما أنها تحتاج لعمالة خاصة أثناء تغذية وحدة الدهك بعجينة الشوكولاتة وسحبها بعد إنتهاء العملية .

وقد تم تطوير هذه المعاملة فيما يعرف بالدهك الجاف Dry conching بإستخدام مقلبات ميكانيكية قوية تجري عملية تقليب ميكانيكي قوي علي شرائح الشوكولاتة بعد عملية التنعيم Refining دون إضافة دهن ، وتتميز أجهزة الدهك الاسطوانية (شكل 11.2) بكفاءتها العالية والتباين الكبير في سعة إنتاجها التي تتراوح بين 150 كجم حتي 20 طن .



شكل (10.2): رسم تخطيطي لوعاء الدهك



شكل (11.2): آلة دهك حديثة

وقد كانت عملية الدهك conching في الطرق التقليدية تستغرق حوالي 96 ساعة . أما في الآلات الحديثة للدهك الجاف فقد إنخفض بشدة الوقت اللازم لإجراء هذه العملية . وفي نوع فتات الشوكولاتة المعروف بالـ Milk crumb فإن وقت الدهك يستغرق حوالي 10-16 ساعة علي درجات حرارة من 49-52 درجة مئوية . أما في شوكولاتة اللبن تستغرق عملية الدهك من 16-24 ساعة وتكون درجة الحرارة في حدود 60 درجة مئوية. وعادة ماتدهك الشوكولاتة الداكنة Dark chocolate علي درجات حرارة أعلي (70 درجة مئوية) وفي بعض الأحيان حتي 82 درجة مئوية .

وتؤدي عملية الدهك لتحقيق المزايا التالية في الشوكولاتة :

- إزاله جزء من الرطوبة من عجينة الشوكولاتة .
- إزالة بعض المركبات الطيارة التي تسبب نكهات غير مرغوبة .
- تقلل من لزوجة عجينة الشوكولاتة بعد عملية التنعيم .
- نشر وتوزيع المكونات الصلبة في الدهن السائل .
- ظهور نكهة مميزة نتيجة عملية الخلط لمدة طويلة علي درجة حرارة مرتفعة نسبيا .