

チェダーチーズ

チェダー・チーズはイングランドのチェダー村周辺で生まれ、現在では世界で最も有名なチーズのひとつである。チェダー・チーズは通常、カゼインの脂肪比が0.67 ~ 0.72 : 1に標準化された低温殺菌全乳から作られる。

使用するスターターは、*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* または *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* が主に使用されている。

牛乳は30°C前後でレンネット処理され、凝固物はカットされ、30分かけて39~40°Cまで加熱され、この温度で約1時間保持される。

伝統的なチェダーリング工程では、カードのブロックを互いに重ね、定期的に回転させながら積み重ねる。チェダリング工程では、凝乳に酸性を発現させる時間(pHは約6.1から5.4まで低下する)を与え、コロイド状リン酸カルシウムを可溶化し、凝乳に穏やかな圧力をかけることでホエー排出を助ける。チェダーリングの過程で凝乳の顆粒は融合し、質感は柔らかく砕けやすいものから、かなり硬くしなやかなものへと変化する。チェダーリングが終わる頃には、凝乳は調理された鶏胸肉のような食感になっている。

pHが約5.4になったら、凝乳を細かく砕き、乾燥塩漬け・モールドィングすることで「まるやかな状態」になるまで、塩が凝乳の表面の水分に溶ける。

チェダーは6 ~ 10°Cの温度で3 ~ 4ヶ月から2年間程度、希望する熟成度になるまで熟成される。

自分は口の中でほろほろと崩れる食感を求めて、スターターに*Lactobacillus helveticus* を少量加えることにした。これはチェダーチーズが他のハードチーズとはかなり違うpH推移(急降下してどん底になり、そこからからゆっくり戻る)をとるからで、これを効率よく再現するために*L. helveticus*を加えることにした。

自分はクリスチャンハンセンのR-704(*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*)とLHB-02(*Lactobacillus helveticus*)の2種類を合わせて使う。

その役割は

- ・ R-704 (*Lactococcus*) = pH を下げ・カードの骨格を締める
- ・ LHB-02 (*L. helveticus*) = タンパクを壊す・ほろほろ化させる

チェダーの「ほろほろ崩れる」は、熟成中にカゼイン骨格がどれだけ内側から切られるかで決まる。これを握っているのが *L. helveticus* の配合比率になるようです。

チェダーチーズの食感はこの順で決まります。

1. 乳酸菌 (R-704) がpH 5.3 まで下げて強い骨格を作る。
2. その後 *L. helveticus* が その骨格を内側から切断し、切断の密度が増えるほどほろほろになると言われている。

つまり、*L. helveticus* が少ないと「しなやか」で、多いと「チェダーらしい崩れ」が出来るということになるようです。また、ほろほろ崩れるチェダーチーズの黄金比は、DVS使用量に対する比率では

R-704 : LHB-02 = 100 : 3 ~ 100 : 6

とされていて、一般的に工場で作られているチェダーチーズは100 : 1 以下でほとんど崩れないようです。

比率ごとの食感の変化（3か月熟成時）は以下のようになる。

比率 (R704 : LHB02)	食感	備考
100 : 0	ゴム状・若い	工業チェダー
100 : 1	しなやか	市販マイルド
100 : 3	チェダーらしい割れ	英国伝統寄り
100 : 5	ほろほろ崩れる	理想ゾーン
100 : 8以上	ボソボソ・粉っぽい	分解過多

なぜこの比率で決まるかの微生物学的理由は、L. helveticus は強力なcell-envelope proteinase (CEP)を持ち、 α s1-casein を激しく切ることでペプチドを大量生成し、結合力を喪失させる。つまり、L. helveticus はカゼインネットワークの「柱」を抜いていく菌で、これがほろほろボディを作る正体であるとされている。

注) cell-envelope proteinase (CEP)は主に乳酸菌（Lactococcus lactisなど）の細胞壁に共有結合している巨大な細胞外プロテアーゼである。

また、ほろほろ崩れるチェダーチーズを作るためには乳酸菌の比率だけではまだ不十分で、以下の対応を取ることで効率的にできるようです。

- ・チェダリング終了 pH を5.35 まで下げて骨格を強くしてからミリングする。
- ・塩分をやや低め（最終1.6～1.8%）にし、L. helveticus が熟成後半も活躍できるようにする。
- ・熟成温度 10～12℃（低すぎない）にすることで分解スピードを上げる。

実務的な投入目安は（100L乳の場合）

通常R-704を規定量入れるとするとLHB-02 を耳かき3～5杯レベルで追加することに相当し、これで比率100:4前後になる。

注)耳かき擦り切れ一杯は 0.05g

チェダーチーズリpH推移

時間	全体像（熟成0日～3か月）		<u>アンダーライン部分は重要</u>
	典型pH	何が起きているか	組織への影響
レンネット添加時	6.5～6.55	通常の乳	まだ弾性あり
カードカット後	6.35	乳酸生成開始	ホエー排出準備
ホエー排出時	6.1	乳酸菌活発	カード収縮開始
チェダリング開始	5.8	急速酸生成	繊維化スタート
ミリング時	5.3～5.4	最低pH帯へ	Ca溶出・もろさの基礎形成
脱型時（1日目）	5.1～5.2（最低点）	最大脱灰	ほろほろ構造の核完成
1週間	5.15	乳酸ピーク	組織固定
1か月	5.20～5.25	乳酸消費始まる	たんぱく分解スタート
2か月	5.30	ペプチド化進行	ほろ崩れ開始
3か月	5.35～5.45	アミノ酸増加	理想的なチェダー食感帯

チェダーチーズのpH推移はV字カーブで、物理的に見ると 5.1～5.2まで落とす理由は味ではなく、カゼインからカルシウムを強制的に引き剥がす(脱灰)ため、これによりカゼインミセルの結合が弱くなり、水分保持力が低下し、組織が「割れやすい骨格」になる。これが後にほろほろ崩れるチェダーの原因となるようです。

熟成1か月以降は、pHはゆっくり上がりますが、これは乳酸が乳酸菌 *L. helveticus* の酵素によって分解・消費されるため、この時点からpHが上がり始め、タンパク質の分解が進み、崩れるのに締まっているチェダー独特のテクスチャとなるようです。

このようにpH推移が「V字カーブ」でないと、出来たチーズがボソボソになったり、ゴムっぽくなったり、崩れず風味が出ないということになるようです。

よくある失敗パターンとしては以下の通り。

失敗	原因	pH挙動
崩れない	pH最低が5.3以上	脱灰不足
ボロボロ	5.0以下まで落ちた	脱灰しすぎ
ゴム食感	チェダリング時pH高い	繊維化不足
風味弱い	3か月でpH5.2のまま	乳酸分解不足

自分が使用しているスターター（R-704 + LHB-02）の組み合わせは、このV字を作れる配合となっており、R-704で急速にpHを落とし、*L. helveticus*で後半、乳酸を分解しpHを戻すという役割で割合次第で「崩れ方」を制御できるものです。

3か月で最高のチェダーにするためのpH目標値としては以下のようになります。

工程	目標pH
チェダリング開始	5.8
ミリング	5.35
脱型時	5.15
1か月	5.25
3か月	5.40前後

このpHカーブを確実に作るためのスターター配合の具体的な値はR-704を乳量に対して規定量入れるとした場合R-704 : LHB-02 = 100 : 5 です。しかし工程の時間・温度・攪拌が pH と同期していないと、V字カーブにはならないことからスターター比率だけではなく、pHの進み方に合わせて工程を決めレシピを設計しました。

材料

- ・低温殺菌した生乳 100ℓ
- ・塩化カルシウム
乳量の0.02% 20gを20倍に希釈
- ・アナトー色素
10cc
- ・乳酸菌 (クリスチャン・ハンセン)
R - 704 0.8g / 100ℓ (10U)
Lactococcus lactis subsp. cremoris,
Lactococcus lactis subsp. lactis
LHB-02 0.25g / 100ℓ (10U)
Lactobacillus helveticus
- ・凝固剤
CHY-MAX® Powder Extra NB 2225IMCU/g
2.29g / 100ℓ 20倍に希釈

以下は生乳量ごととチェダータイプごとの乳酸菌量を自分で算出した値です。

ほろほろチェダー製造時 100 : 5		チェダーらしい割れ 100 : 3		しなやかな市販チェダー様 100 : 1	
15リットル (CaCl₂ 3g 、 CHY-MAX 0.34g)					
R-704	0.120g	R-704	0.120g	R-704	0.120g
LHB-02	0.038g	LHB-02	0.023g	LHB-02	0.008g
20リットル (CaCl₂ 2g 、 CHY-MAX 0.46g)					
R-704	0.160g	R-704	0.160g	R-704	0.160g
LHB-02	0.04g	LHB-02	0.03g	LHB-02	0.01g
40リットル (CaCl₂ 8g 、 CHY-MAX 0.92g)					
R-704	0.32g	R-704	0.32g	R-704	0.320g
LHB-02	0.1g	LHB-02	0.06g	LHB-02	0.02g
100リットル (CaCl₂ 20g 、 CHY-MAX 2.29g)					
R-704	0.8g	R-704	0.8g	R-704	0.8g
LHB-02	0.25g	LHB-02	0.15g	LHB-02	0.05g

製造時の注意点

- ・仕込み温度：31.0℃
- ・カットサイズ：1 cm
- ・弱め攪拌パドル
- ・目標：プレス直後 pH 5.15

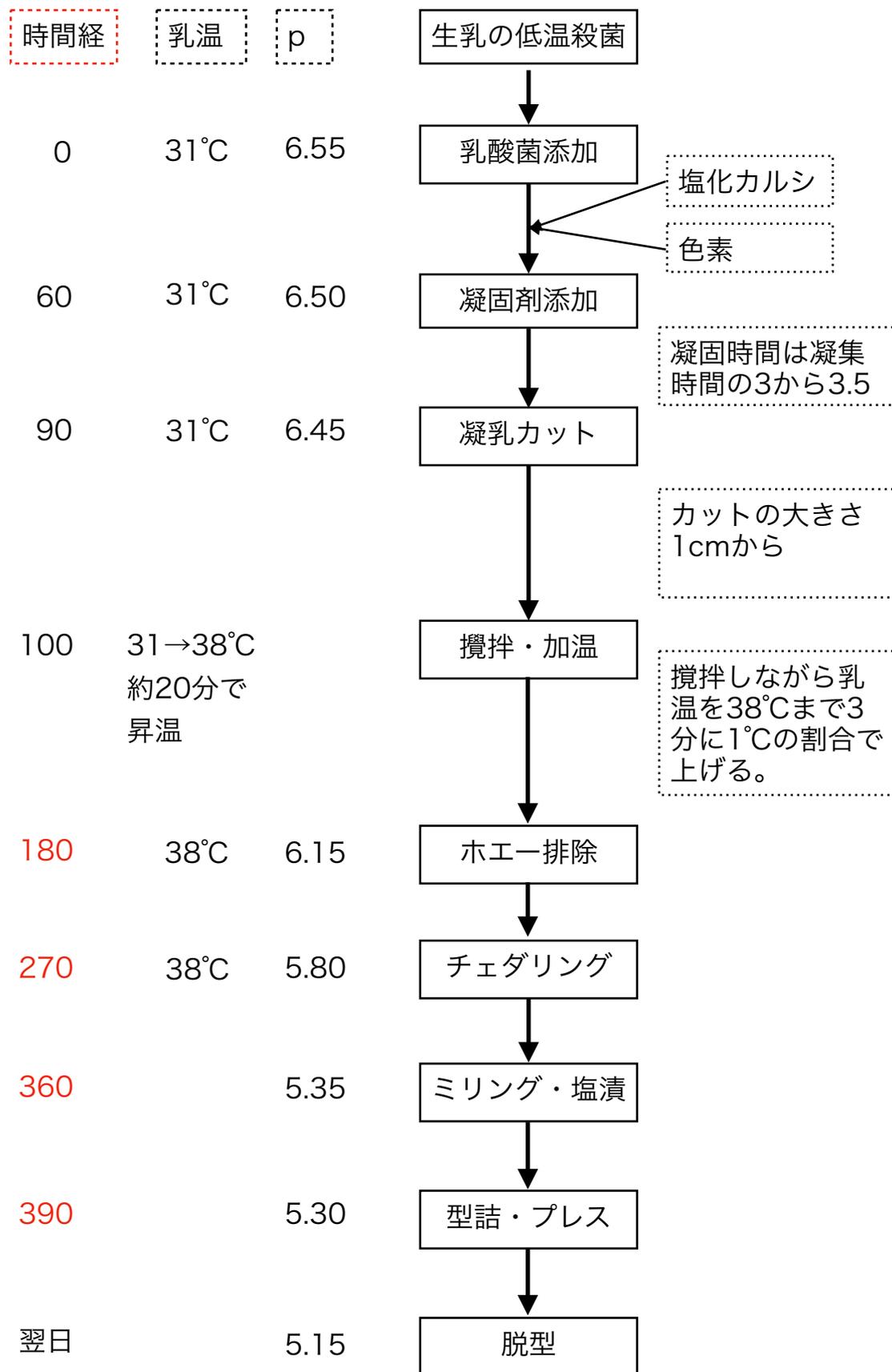
pH同期・工程表

pH目標	温度	操作	攪拌	狙い
6.55	31℃	スターター投入	なし	均一化
6.50	31℃	レンネット	なし	凝固開始
6.45	31℃	カット1cm	ゆっくり5分	ホエー排出準備
6.38	31℃	休止	なし	収縮待ち
6.35	38℃へ20分昇温	攪拌開始	弱連続	ここで酸生成加速スイッチON
6.05	38℃	攪拌継続	弱	R-704全開域
6.15	38℃	ホエー排出	軽く	水分決定
5.90	38℃	チェダリング開始	なし	繊維化開始点
5.75	38℃	積み替え	なし	酸閉じ込め
5.35	38℃	ミリング	手早く	最大脱灰ポイント
5.32	38℃	塩入れ (2%)	混和のみ	酸停止
5.30	↓30℃	型入れ	なし	構造固定準備
5.15	20℃	プレス完了	なし	V字の底完成

重要ポイント

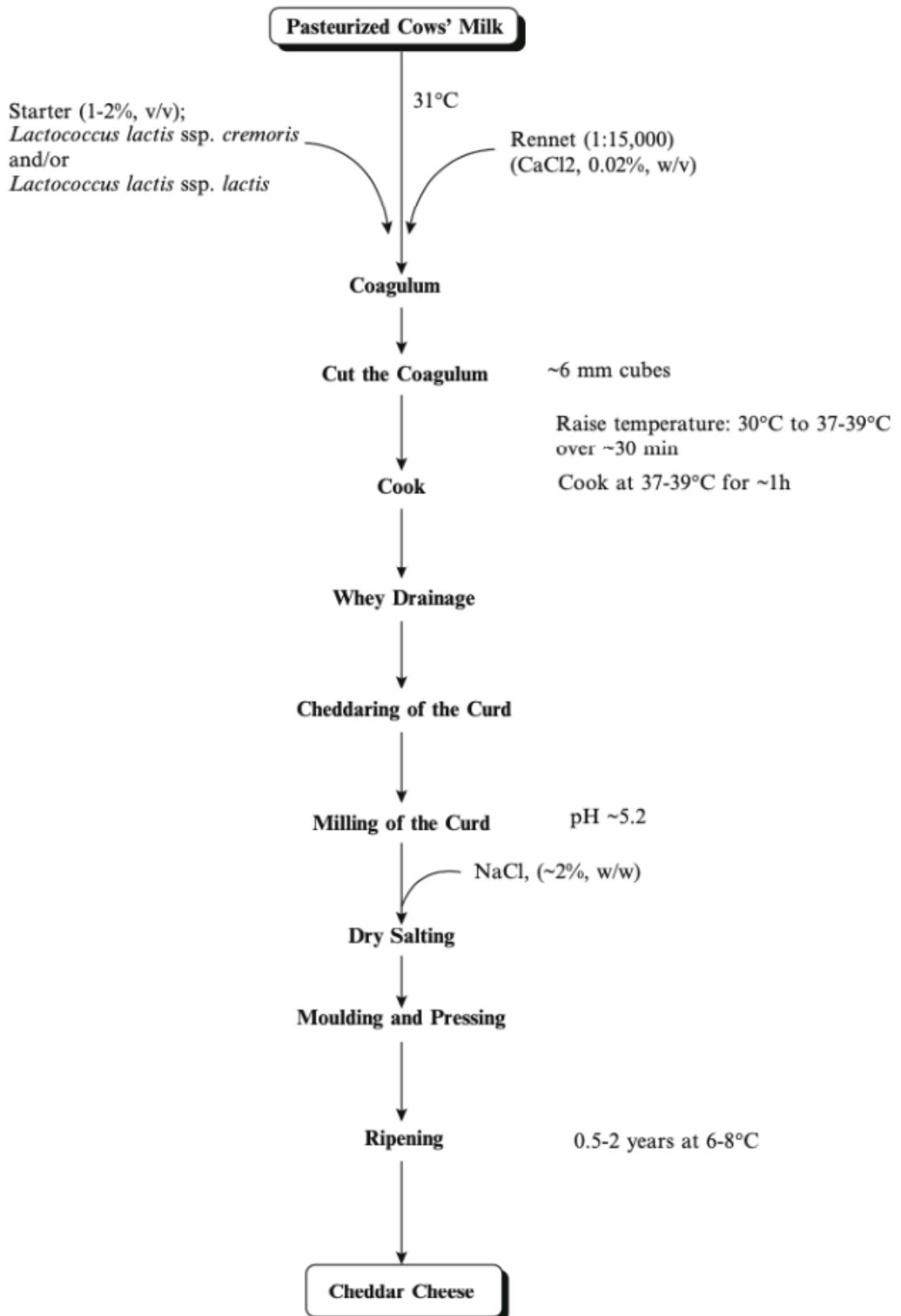
- ・昇温を「カット後すぐ」ではなくpH6.30付近で開始する。昇温速度は1℃/3分
このことでR-704の酸生成タイミングが理想化。
- ・チェダリング開始は pH5.90。時間ではなくpHで開始。
- ・ミリングは pH5.35 ジャスト。1分でも遅れると5.30を割り、ボロボロになる。

ほろほろチェダーチーズのレシピ



注) 時間ではなくpHにより工程作業を行う。

参考資料 1 伝統的なレシピ



参考資料 2 CHR.HANSENのレシピ

4.1 Typical Cheddar manufacturing process

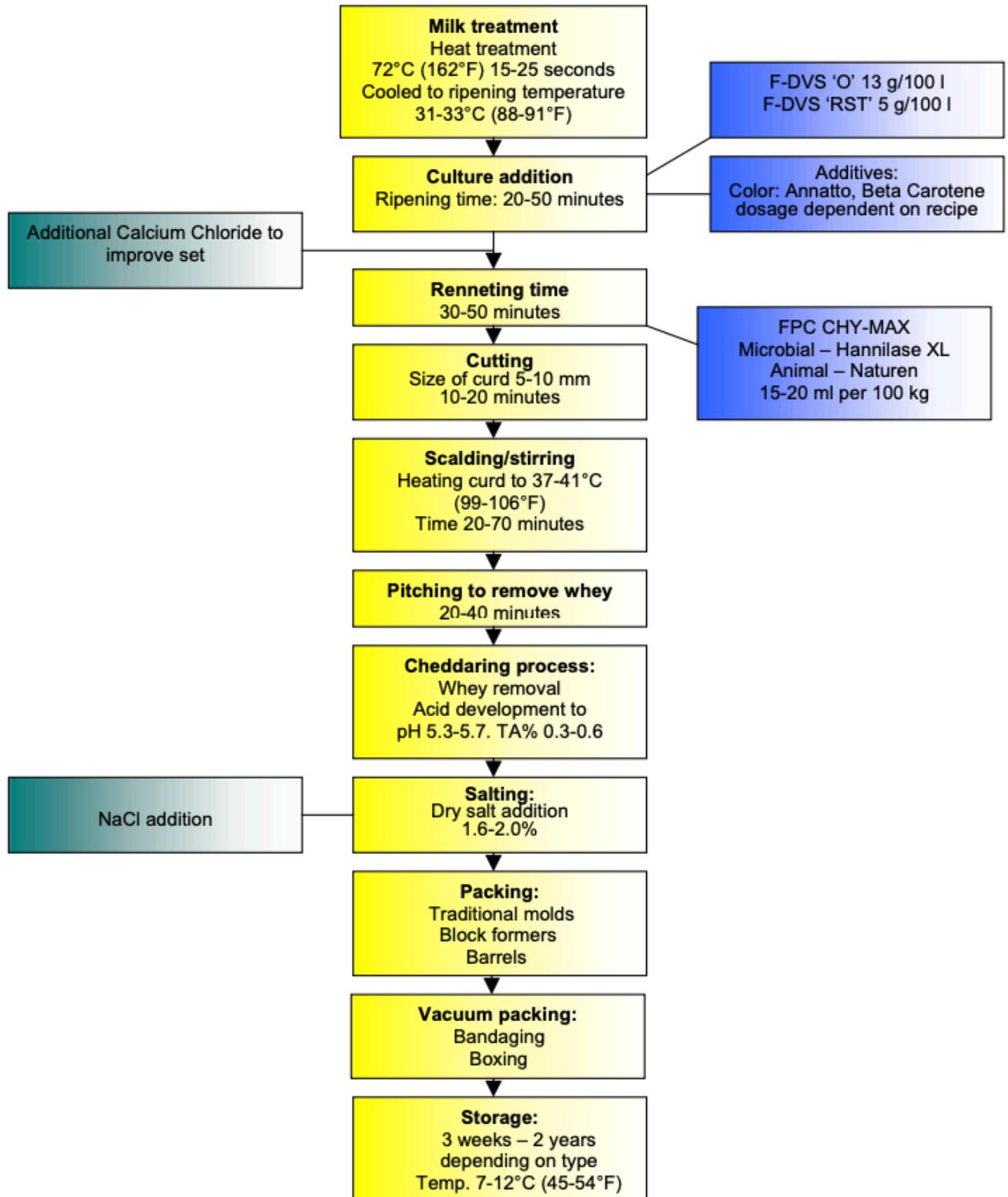


表1

	チェダーチーズ				
	MNFS 53%			MNFS 57%	
	時間	pH		時間	pH
スターター添加	0	6.60	0	6.60	
レンネット添加	60	6.55	30	6.55	
カット	90	6.50	75	6.50	
ホエー排除	210	6.10	180	6.3	
ミリング	360	5.40	315	5.50	
プレス	420	5.35	390	5.45	
脱型	24時間	5.20	10時間	5.30	

MNFS = 無脂肪固形分中の水分。

タンパク質／固形分に対する水分含有量を示すチーズ品質の主要指標で、脂肪を除去し、残った成分に対する水分を%で表される。これは食感、溶けやすさ、熟成に大きく影響し、MNFSが高いほど一般的に分解が速く柔らかいチーズとなる。

MNFS 小さい チーズの硬さが硬い

MNFS 大きい チーズの硬さが柔らかい

[Hill and Ferrer、Cheese Making Technology e-Book]より引用

参考資料 3 各乳酸菌の酸性化速度の図

FD-DVS R-704

