



كلية الزراعة  
قسم علوم الأغذية  
المرحلة الثانية

# هندسة معامل الأغذية والألبان

Food and dairy factories Engineering

المحاضرة الثانية / توازن المادة والطاقة

## Material and Energy Balance

خلال صناعة المواد الغذائية تتعرض المواد الأولية إلى عدة معاملات وتطرأ عليها تغيرات مختلفة قبل تحولها إلى المنتوج النهائي . ولكن هناك حالة توازن للمواد الداخلة وكذلك للطاقة المستعملة أي أن المواد الداخلة في أجهزة التصنيع تساوي المواد الخارجة منها ويطلق على هذا توازن المادة (Material balance) ، وتستعمل أيضاً أشكال مختلفة من الطاقة في هذه العمليات كالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية والشغل وغيرها وينطبق قانون حفظ الطاقة على ذلك أي إن الطاقة الداخلة في النظام تساوي الطاقة الخارجة منه ويطلق على ذلك توازن الطاقة (Energy balance) .

## توازن المادة :-

يعتمد أساساً على قانون حفظ المادة ، ويستفاد من ذلك في تفهم ما يتعرض له المواد الغذائية الداخلة في الصناعة إضافة إلى معرفة مقدار المنتوج الذي تحصل عليه ، ولأجل تفهم توزان المادة في أي صناعة غذائية يجب تطبيق المعادلة الآتية :-

وزن المادة الداخلة للنظام = وزن المادة الخارجة من النظام

وفي بعض الحالات يمكن تطبيق المعادلة الآتية :-

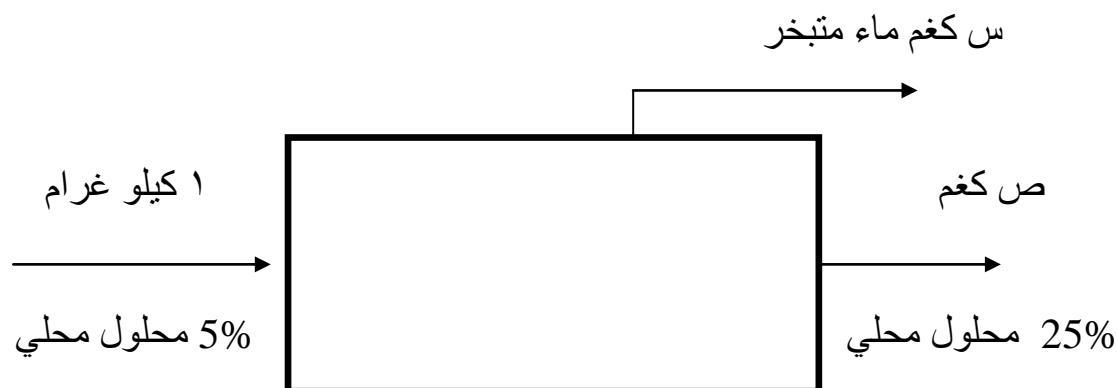
وزن الاجزاء المختلفة الداخلة للنظام = وزن الاجزاء المختلفة الخارجة من النظام

ولأجل تفهم كيفية استخدام معادلات توزان المادة نأخذ بعض الأمثلة الحسابية :-

### مثال رقم (١) :

ما هو مقدار الماء الواجب تبخيره من محلول ملحي تركيزه 5% لغرض جعل تركيزه 25% .

الحل / في البداية لابد من تحديد نوع النظام (الجهاز) المستخدم ثم نؤشر على جوانبه ما يحصل من تغيرات في التراكيز ، عادة يشار إلى النظام بشكل مستطيل



نفرض إن كمية محلول الملحي (5%) الداخلة للجهاز هي 1 كيلو غرام ، وان س تمثل الماء المتاخر وص كمية محلول الملحي (25%) الناتج .

نطبق أولاً معايير توازن المواد الكلية:

**وزن المواد الداخلة = وزن المواد الخارجة**

$$1 = س + ص \dots \dots \dots \text{معادلة رقم (١)}$$

ثم نطبق معادلة توازن المواد الصلبة فقط :

**وزن المواد الصلبة الداخلة = وزن المواد الصلبة الخارجة**

$$(٢) \text{ معادلة رقم ..... } \times \frac{25}{100} = \frac{5}{100}$$

$$\text{ص } 0.25 = 0.05$$

$\therefore$  ص = 0.2 كيلو غرام محلول ملحي تركيزه 25% الناتج من النظام .

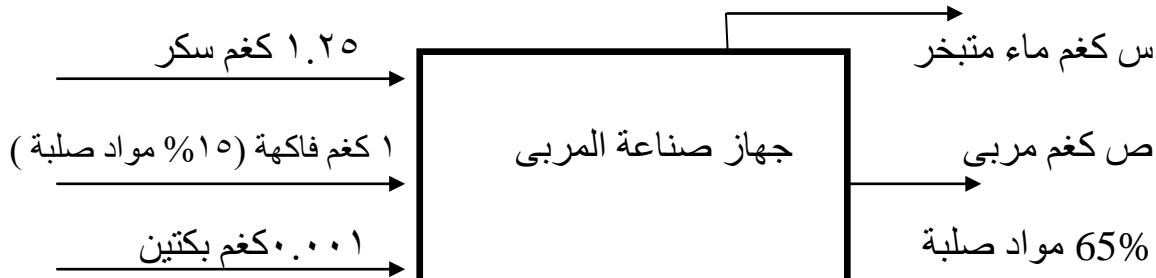
ثم نعرض عن قيمة ص في المعادلة رقم (١) فنحصل على :

$s = 0.8$  كيلو غرام مقدار الماء المتاخر من محلول الملح (5%) الداخل للنظام .

## مثال رقم (٢)

خلطت فاكهة مهروسة مع سكر بنسبة ٤٥ جزء من الفاكهة لكل ٥٠ جزء من السكر وأضيف لها كمية كافية من البكتين ( حوالي ١٠ . كغم لكل ١٠٠ كغم ) ، ثم بُخْر الخليط حتى أصبحت نسبة المواد الصلبة ٦٥ % ، ماهي كمية المربى الذي يمكن الحصول عليه من فاكهة تحتوي على ١٥ % مواد صلبة .

الحل / نريم النظام المستخدم (جهاز صناعة المربي) بشكل مستطيل ثم نحدد عليه المواد الداخلة إليه مع تركيبها ثم المواد الخارجة منه وكما يلي :-



## توازن المواد في جهاز صناعة المربى

لنفرض أن الأساس هو ١ كغم فاكهة فيكون س هو كمية الماء المتبخّر و ص هو وزن المربي الناتج . أما كمية السكر المضافة فستخرج كالتالي :-

$$\text{فاكهة} = \frac{1 \times 50}{50} = \frac{\text{سكر}}{40} = \frac{1.25}{40}$$

نطبق أولاً معايير توازن المواد الكلية :

المواد الداخلة = المواد الخارجة

$$1.25 + \text{ص} = \text{س}$$

$\therefore \text{س} + \text{ص} = 2.25$  ..... معايير رقم (١) (تهمل كمية البكتيريا المضافة )

ثم نطبق معايير توازن المواد الصلبة فقط :

المواد الصلبة الداخلة = المواد الصلبة الخارجة

$$= \frac{65}{100} \times \text{ص} = \text{ص} = 1.25 + \frac{15}{100}$$

$$0.65 = 1.25 + 0.15$$

$\therefore \text{ص} = 2.15$  كغم مربي ناتجة لكل ١ كغم فاكهة .

$\therefore \text{س} = 0.1$  كغم مقدار الماء المزال (المبخر) لكل كغم فاكهة

### توازن الطاقة : - Energy balance

كما هو الحال في توازن المواد فهناك توازن للطاقة أي أن مقدار الطاقة الداخلة لأي نظام تساوي الطاقة الخارجة منه ، علماً أن هناك اشكال مختلفة للطاقة ومنها الحرارة ، التشغيل ، الطاقة الكامنة ، الطاقة الميكانيكية والطاقة الكهربائية .

يمكن كتابة توازن الطاقة الكلي لأي نظام كما يلي :-

الطاقة الداخلة = الطاقة الخارجة

$$\text{H}_1 + (\text{ME})_1 + (\text{C}_1) + (\text{E}_1) = \text{H}_2 + (\text{ME})_2 + \text{C}_2 + \text{E}_2 + \text{Q} + \text{W}$$

حيث أن هذه الرموز تعني :

مقدار الحرارة =  $H$

الطاقة الميكانيكية =  $ME$

الطاقة الكيميائية =  $C$

الطاقة الكهربائية =  $E$

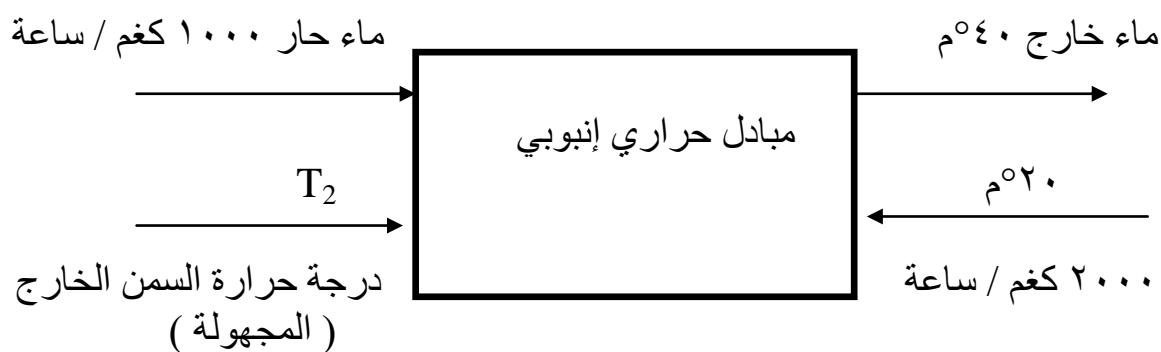
الحرارة =  $Q$

الشغل =  $W$

ومن أجل فهم توازن الطاقة نأخذ المثال الآتي :-

تم تسخين سمن نباتي بواسطة مبادل حراري إنبوبي سير التيار به معاكساً (Counter flow) ، وكان مصدر الحرارة هو الماء الحار المأخوذ من بخار مطروح للخارج وكان معدل سير الماء الحار خلال الجهاز هو ١٠٠٠ كغم / ساعة يدخل الجهاز بدرجة حرارة  $100^{\circ}\text{C}$  ويخرج منه بدرجة  $40^{\circ}\text{C}$  وكان معدل سير السمن النباتي هو ٢٠٠٠ كغم / ساعة فإذا كانت درجة حرارة السمن الداخل هي  $20^{\circ}\text{C}$  ، ماهي درجة حرارة السمن عند الخروج .

الحل / أولاً نريم النظام كما في الشكل الآتي علماً أن النظام هو مبادل حراري وأن المدة اللازمة للحساب هي الساعة .



إن قانون توازن الطاقة هو :-

الطاقة الدخلة = الطاقة الخارجة

أي أن الحرارة الدخلة = الحرارة الخارجة

علمًاً أن الحرارة الداخلة مصدرها هو الماء الحار الداخل في الجهاز والتي تحسب وفق المعادلة الآتية :

$$H = Wcp ( T_2 - T_1 )$$

$$= 1000 \times 1 \times ( 100 - 40 ) = 6000 \text{ kcal/hr}$$

كيلو سعرة / ساعة

حيث أن  $H$  = كمية الحرارة المتوفرة في الماء الحار الداخل .

$W$  = وزن الماء الداخل ( كغم )

$Cp$  = الحرارة النوعية للماء

$T_2$  = درجة حرارة الماء الحار الداخل (  $100^{\circ}\text{C}$  )

$T_1$  = درجة حرارة الماء الحار الخارج (  $40^{\circ}\text{C}$  )

أما الحرارة الخارجة من النظام :

فستكون على شكلين :-

أ- الحرارة الموجودة في الماء الخارج : تحسب كما في المعادلة السابقة

$$1000 \times 1 \times ( 40 - 20 ) = 20000 \text{ kcal / hr}$$

ب- الحرارة الخارجة من الجهاز مع السمن النباتي :

$$2000 \times ( 0.5 ) \times ( T_2 - 20 )$$

حيث أن 0.5 تمثل الحرارة النوعية للسمن النباتي .

ثم نطبق معادلة التوازن الحراري كالتالي :-

$$60000 = 20000 + 2000 \times ( 0.5 ) \times ( T_2 - 20 )$$

$$\therefore T_2 = 60^{\circ}\text{C}$$

درجة حرارة السمن الخارجي