المادة: هندسة معامل الاغذية ***FOOD PLANTS ENGINEERING***

الجزء النظري: **عدد الوحدات النظرية (2)** **عدد الساعات (2)**

مدرس المادة: أ.م.د. اسعد رحمان سعيد الحلفي

قسم علوم الاغذية – كلية الزراعة – جامعة البصرة

المحاضرة الثانية:

موازنة المادة والطاقة Material and Energy Balance

يمكن وصف كميات المواد خلال مرورها بعمليات تصنيع الاغذية باتزانا المادة. وهذه الاتزانات عبارة عن بيانات تتعلق ببقاء الكتلة.وبالمثل فان كميات الطاقة يمكن وصفها باتزانات الطاقة . وفي حالة عدم وجود تراكم ، فان مايدخل الى عملية تصنيع مايجب ان يخرج منها.

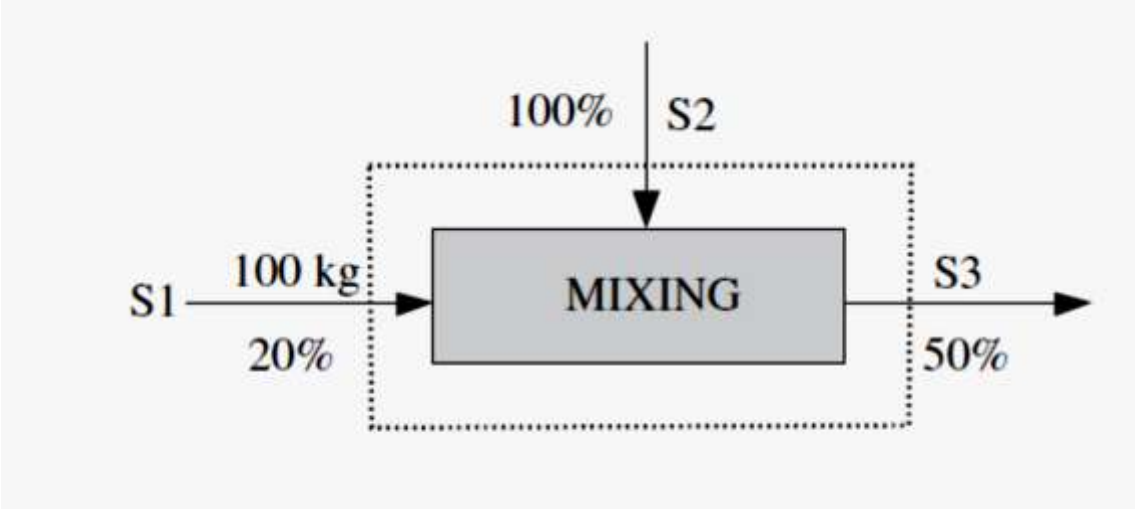
ان اتزان المادة والطاقة ذات اهمية بالغة في مجال صناعة الاغذية. ان المواد الغذائية خلال التصنيع تتعرض لعدة معاملات وتطرأ عليها عدة تغيرات مختلفة سواء كان ذلك عند التسخين او التجفيف او الى غير ذلك من العمليات . وتتضمن هذه العمليات تصنيع مواد اولية لمعاملات خاصة وتحويلها الى مواد غذائية مختلفة وخلال العمليات تطرأ تغيرات في تركيب المواد الاولية الداخلة بعد تحويلها الى المنتوج النهائي. ان اتزان المادة والطاقة تخضع الى قانون حفظ المادة والطاقة.

1- اتزان المادة: اتزان المادة داخل اجهزة التصنيع الغذائي تتم على اساس ان المواد الداخلة للنظام تساوي المواد الخارجة من النظام. ويمكن الاستعانة باتزان المواد في تفهم مايجري على المواد الغذائية الداخلة ومقدار المنتوج الذي نحصل عليةوفق التركيب المطلوب .

الكتلة الداخلة = الكتلة الخارجة + الكتلة المختزنة

المواد الخام = المنتجات + الفضالة + المواد المختزنة

مثال:ماهي كمية السكر التي يجب ان تضاف في 100 كغم في محلول سكري لزيادة تركيزه من 20 % الى 50 %؟.



الحل: موازنة الكتلة الكلية :

$100+S2=S3$ (1)

موازنة الكتلة للمواد الصلبة الذائبة

$0.20 * 100 + S2 = 0.50 * S3$ (2)

بعد حل المعادلات انيا ينتج:

$S2 = 60$ kg , $S3 = 160$ kg

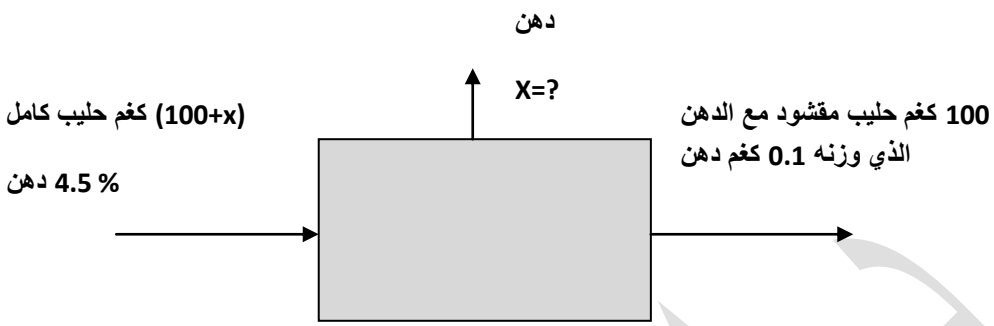
كمية السكر التي يجب ان تضاف في 100 كغم في محلول سكري لزيادة تركيزه من 20 % الى 50 % هي 60 كغم.

مثال: حليب مقشود تم تجهيزه بازالة جزء من الدهن الموجود في الحليب كامل الدسم . وقد وجد ان الحليب المقشود يحتوي على 90.5 % ماء ، 3.5 % بروتين ، 5.1 % كربوهيدرات ، 0.1 % دهن و0.8 % رماد ، اذا كان الحليب الكامل الدسم يحتوي على 4.5 % دهن ، احسب مكوناته بافتراض انه قد تم ازالة الدهن فقط للحصول على الحليب المقشود مع عدم وجود اي فواقد خلال العملية.

الحل: القاعدة 100 كغم حليب مقشود . وهذا يعني انه يحتوي على 0.1 كغم دهن . اذا اعتبرنا ان x كغم هي كمية الدهن التي تمت ازالتها من الحليب كامل الدسم للحصول على الحليب المقشود.

الدهن الاصلي الكلي يساوي : $= (x + 0.1)$ kg

الكتلة الاصلية الكلية $= (x + 100)$ kg



من موازنة الكتلة للدهن ينتج:

$$(100 + X)\ 0.045 = (X + 0.1)$$

$$X = 4.6\ kg$$

مثال: يراد فصل 35000 كغم من الحليب الكامل الدسم والذي يحتوي على 4 % دهن خلال فترة ست ساعات الى حليب مقشود يحتوي على 0.45 % دهن وقشدة تحتوي على 45 % دهن ، ماهي معدلات التصريف للتيارين الخارجين من جهاز الطرد المركزي الذي يعمل بطريقة مستمرة لانجاز عملية الفصل؟

الحل:

قاعدة الحسابات 1 ساعة من سريان الحليب الكامل الدسم.

<u>الكتلة الداخلة:</u>

الكتلة الكلية: =35000/6=5833 kg/ h

الدهن: =5833*0.04 = 233 kg/h

اذا الماء اضافة الى المواد الصلبة غير الدهنية: = 5600 kg/h

<u>الكتلة الخارجة:</u>

افترض كتلة القشدة تساوي x كغم ، ومن ثم فان محتواها الدهني الكلي يساوي 0.04 x . كتلة الحليب المقشود تساوي 5833 – x ومحتواها الكلي من الدهن يساوي 0.0045 (5833 – x).

اتزان المادة على الدهن :

الدهن الداخل = الدهن الخارج $5833 * 0.04 = 0.0045\ (5833 - x) + 0.45\ x$

$x = 465\ kg/h$

ومن ثم فان معدل التصريف الوزني للقشدة يساوي 465 كغم/ساعة. ، وللحليب المقشود يساوي :

5833 – 465 =5368 kg/h

مثال:في وحدة للتصنيع يتم انتاج لحم مفروم بحيث يجب ان يحتوي على 15 % دهن ، اذا كان المطلوب الحصول على ذلك باستخدام لحم بقر خال من العظام ويحتوي على 23 % دهن وباستخدام لحم ثور خال من العظام يحتوي على 5 % ، ماهي النسب التي يتم خلطها بها.

افترض النسب هي : Aللحم البقر وb للحم الثور ثم عن طريق اتزان الكتلة عنى الدهون:

A * 0.23 + B * 0.05 = (A + B) * 0.15

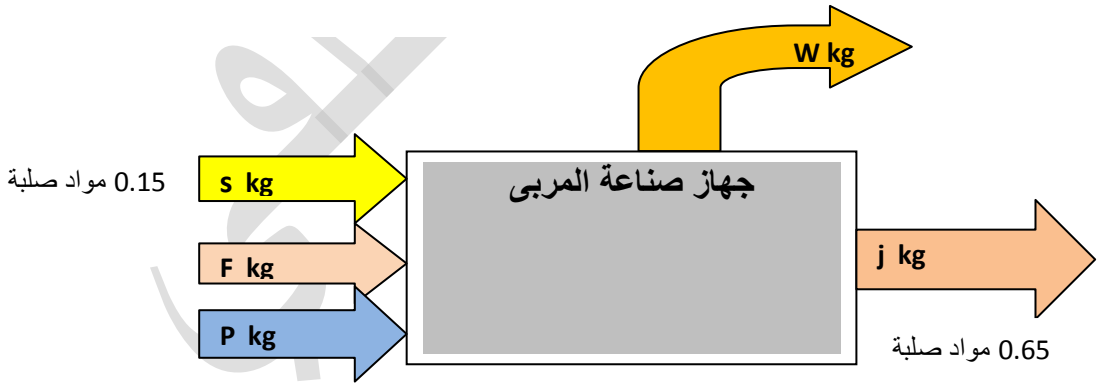
A/B =10/8……(1)

A+ B = 100……(2)

بعد حل المعادلتين اعلاه انيا ينتج: A = 55.6 kg , B = 44.4 kg

اي ان 100 كغم من الناتج ستحتوي على 55.6 كغم من لحم البقر الى 44.4 كغم من لحم الثور.

مثال:خلطت فاكهة مهروسة مع سكر بنسبة 45 جزء من الفاكهة لـ 50 جزء من السكر واضيف لها كمية كافية من البكتين (حوالي 0.1 كغم/100 كغم) ثم بخر الخليط حتى اصبحت نسبة المواد الصلبة 65 % ماهو مقدار المربى الذي يمكن الحصول عليه من فاكهة تحتوي على 15 % مواد صلبة.



تعتمد على اساس دخول 1 كغم من الفاكهة فيكون مقدار الماء المتبخر W ومقدار المربى الناتجة J و S تساوي 1.25 سكر و P = 0.0011 كغم بكتين.

توازن المواد الكلية : المادة الداخلة = المادة الخارجة

S+F+P = J + W

J + W = 2.2511 …….1

توازن المواد الصلبة: المواد الصلبة الداخلة = المواد الصلبة الخارجة

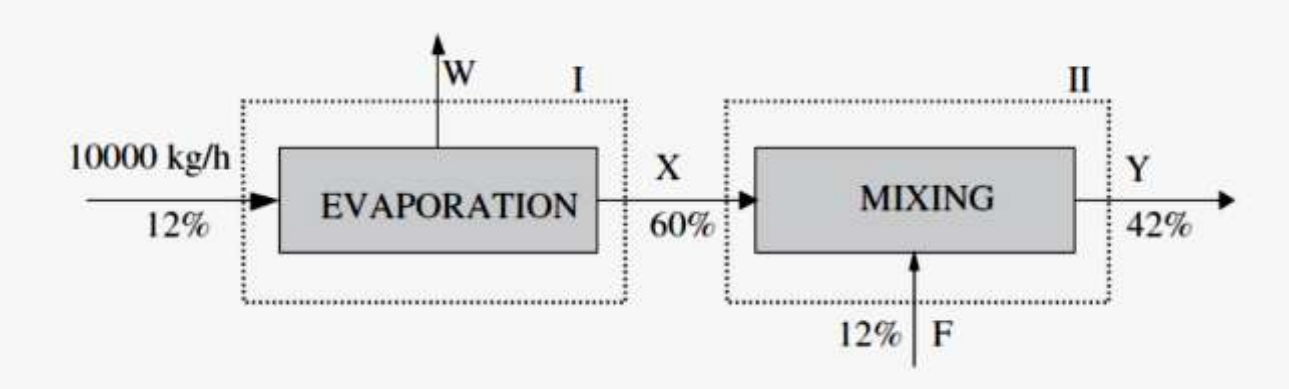
S *1 + 0.15* 1 = J*0.65

1.25 * 0.15 =0.65 J

J= 2.15 kg , W = 0.10 kg

يمكن الحصول على 2.15 كغم مربى لكل كغم فاكهة. ومقدار الماء المزال لكل كغم فاكهة هو 0.10 كغم.

مثال: عصير برتقال طازج محتواه من المواد الصلبة الذائبة 12 % تم تركيزه الى 60 % في مبخر متعدد . لتحسين نوعية المنتج النهائي تم خلط العصير المركز مع كمية من العصير الطازج (cut back) ويكون تركيز الخليط 42 % . احسب كمية الماء التي يجب ان تتبخ لكل ساعة في المبخر وكمية العصير الطازج لكل ساعة الذي يجب ان يضاف راجعا وكمية المنتج النهائية علما ان معدل جريان التغذية هو 10000 كغم / سا من العصير الطازج . افترض الحالة المستقر.



موازنة الكتلة الكلية في الجزء I:

10000 = W + X (1)

موازنة كتلة المواد الصلبة الذائبة في الجزء I :

0.12 * 10000 =0.60 * X (2)

X=2000 kg/h

موازنة الكتلة الكلية في الجزء II:

X + F = Y (3)

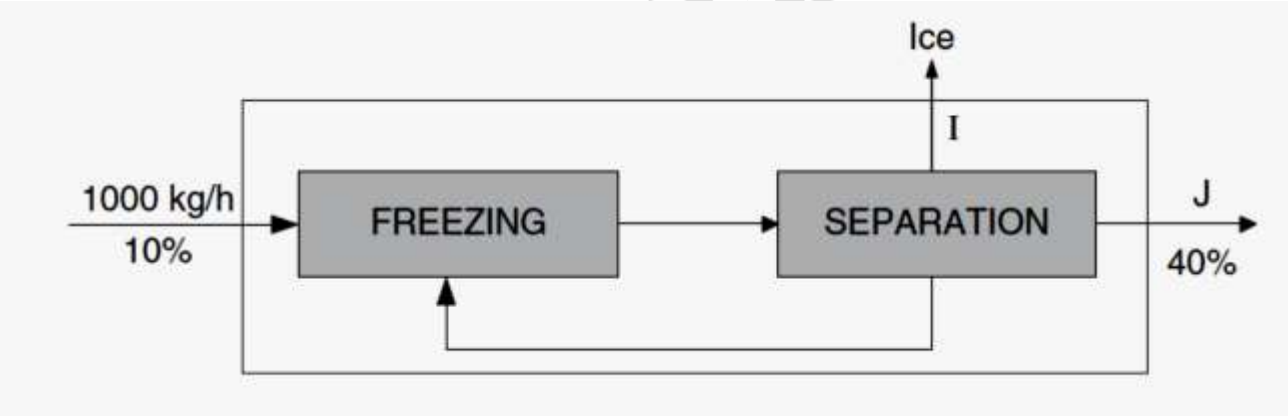
موازنة كتلة المواد الصلبة الذائبة في الجزء II :

$$0.60 * X + 0.12 * F = 0.42 * Y \qquad (4)$$

عند تعويض قيمة X في المعادلة (1) فان W =8000 kg/h ، نعوض قيمة X و W في المعادلتين (3) و (4) وحلهما انيا ينتج:

$$F = 1200 \text{ kg/h} \ , \ Y = 3200 \text{ kg/h}$$

مثال: 1000 كغم من عصير الفاكهة يحتوي على 10 % مواد صلبة تم تركيزه بالتجميد الى 40 % مواد صلبة . العصير المخفف تمت تغذيته الى جهاز التجميد لتكوين بلورات ثلجية فيه واجريت عملية الطرد المركزي للتخلص من البلورات . تعاد 500 كغم / سا من السائل من جهاز االفصل المركزي الى جهاز التجميد . احسب كمية الثلج المزالة في جهاز الفصل وكمية العصير المركز المنتجة. افترض الحالة المستقرة.



موازنة الكتلة الكلية:

$$1000 = I + J \qquad (1)$$

موازنة كتلة المواد الصلبة الذائبة:

$$0.10 * 1000 = 0.40 * J \qquad (2)$$

من معادلة (2) نجد ان $J = 250 \text{ kg/h}$ و من معادلة (1) نجد ان $I = 750 \text{ kg / h}$

<u>توازن الطاقة</u>

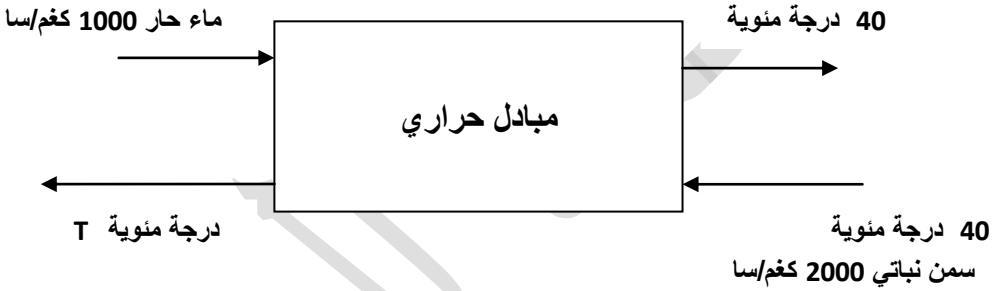
الاغذية

يحصل توازن في مقدار الطاقة الداخلية لاي نظام مع الطاقة الخارجة من النظام اي ان :

الطاقة الداخلة = الطاقة الخارجة.

مثال:

تم تسخين سمن نباتي بواسطة استخدام مبادل حراري انبوبي سير التيار فيه معاكسا counter flow وكان مصدر الحرارة هو الماء الحار الماخوذ من بخار مطروح للخارج وكان معدل سير الماء الحار خلال الجهاز 1000 كغم /ساعة يدخل الجهاز بدرجة حرارة 100 مئوي ويخرج بدرجة 40 مئوي وكان معدل سير السمن النباتي بمعدل 2000 كغم / ساعة فاذا كانت درجة حرارة السمن الداخل 20 مئوي ماهي درجة حرارة السمن عند الخروج؟.



الحرارة الداخلة:

أ- مقدار الحرارة المتوفرة في الماء الداخل (H_1) وتحسب وفقا للمعادلة التالية:

$$H_1 = W\ Cp\ (T_2 - T_1)$$

Cp: الحرارة النوعية للمادة ، W: وزن المادة (كغم) ، T_2 : درجة حرارة المنتوج الخارج (^{o} م) ، T_1 :درجة حرارة المنتوج الاولية (^{o} م).

$$H_1 = 1000 * 1 * (100 - 40) = 60000\ k\ cal./h$$

ب- الحرارة الخارجة: وتكون على شكلين

1- الحرارة الموجودة في الماء الخارج:

$$H_2 = 1000 * 1 * (40 - 20) = 20000\ k\ cal./h$$

2- الحرارة الخارجة من الجهاز مع السمن الساخن:

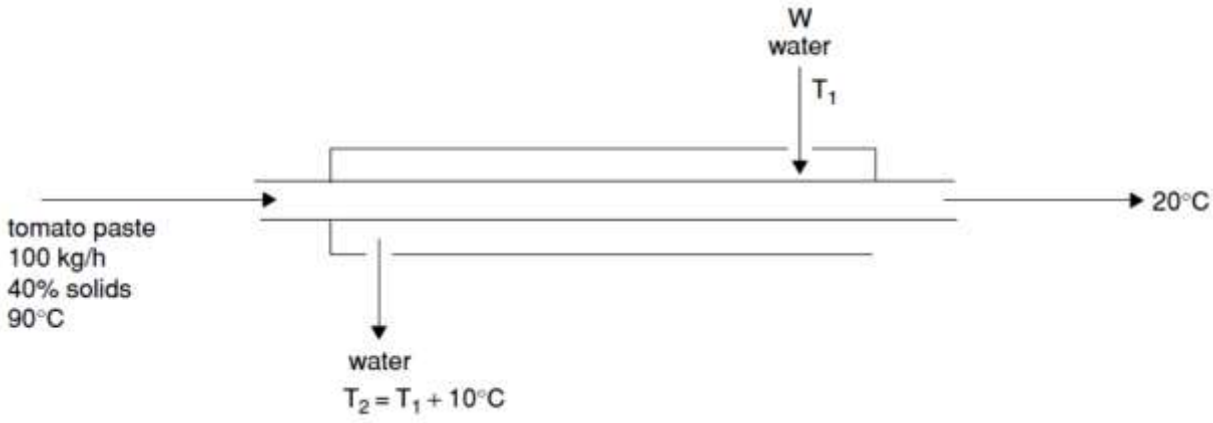
$$H_3 = 2000 * 0.5 * (T_2 - 20)$$

معادلة التوازن الحراري تصبح: $H_1=H_3 + H_2$

$60000 = 20000 + 2000 * 0.5 * (T_2 – 20)$

$T_2 = 60\ ^o C$

مثال: احسب كمية الماء التي يجب ان تجهز الى المبادل الحراري لغرض تبريد معجون الطماطة بمعدل جريان مقداره 100 كغم / ساعة من 90 درجة مئويى الى 20 درجة مئوية . المعجون يحتوي على مواد صلبة 40 % .الزيادة في درجة حرارة الماء يجب ان لاتتجاوز 10 دجات مئوية عندما يمر خلال المبادل الحراري. الحرارة النوعية للماء 4178 جول/كغم ولمعجون الطماطة 2846.76 جول /كغم.



الحل:

نفرض T_1 درجة حرارة الماء الداخل وتساوي 20 درجة مئوية ، T_2 تمثل درجة حرارة الماء الخارج وتساوي 20 + 10 = 30 o م، ودرجة حرارة المصدر لحسابات الانثالبي تساوي 20 ^{o} م

المحتوى الحراري لمعجون الطماطة الداخل: $q_1=100* 2846.76 (90 – 20) = 19.927\ MJ$

المحتوى الحراري لمعجون الطماطة الذي يغادر المبادل: $q_2 = 100 * 2846.76 (20-20) = 0$

نفرض W كمية الماء الداخل الى المبادل (كغم) $q_3 =W* 4197 (20-20) = 0$

Q4 المحتوى الحراري للماء الذي يغادر المبادل: (J) $q_4 = W * 4187 (30 – 20) =41870\ W$

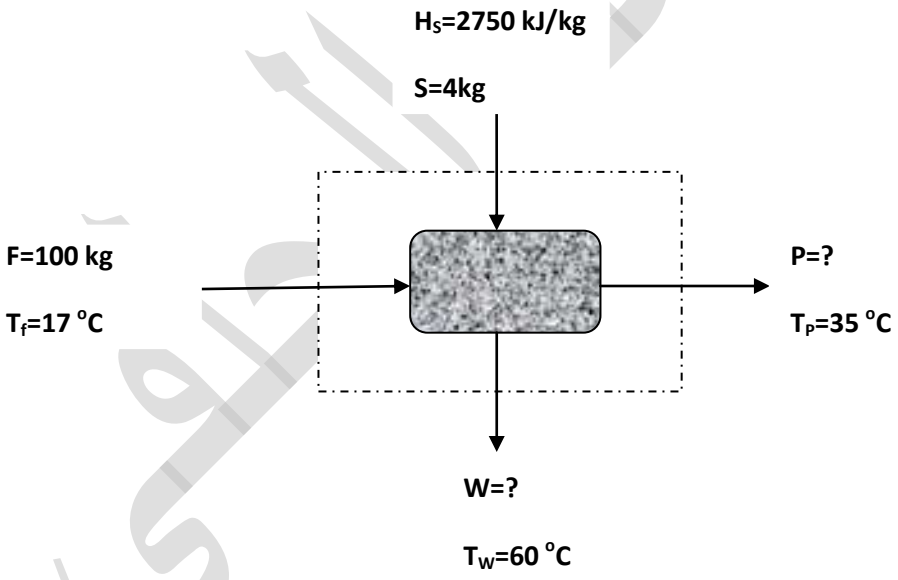
عند موازنة الحرارة ينتج: $q_1 + q_3 = q_2 + q_4$

$19.927 * 10^{-6} = 41870\ W$

$W = 475.9\ kg$

مثال:

يستخدم بخار لتقشير البطاطس في عملية شبه مستمرة . يتدفق البخار بمعدل 4 كغم لكل 100 كغم بطاطس غير مقشرة . تدخل البطاطس غير المقشرة النظام عند درجة حرارة 17 ^{o} م وتغادر البطاطس المقشرة النظام عند درجة حرارة 35 ^{o} م . تخرج مواد الغسيل من النظام عند درجة حرارة 60 ^{o} م . الحرارة النوعية لكل من البطاطس غير المقشرة ومواد الغسيل والبطاطس المقشرة على التولي هي 3.7 و 4.2 و 3.5 كيلو جول / كغم .كلفن . لو ان المحتوى الحراري للبخار عند صفر هو 2750 كيلوجول / كغم . حدد كميات نواتج الغسيل والبطاطس المقشرة في هذه العملية.



1- من توازن الكتلة:

$$F + S = W + P$$

$$100 + 4 = W + P$$

$$W = 104 - P$$

2- من توازن الطاقة:

$$F\,C_P\,(T_F - 0) + SH_S = W\,C_P\,(T_W - 0) + P\,C_P\,(T_P - 0)$$

100 (3.7) (17)+ (2750) = W (4.2)(60) + P (3.5)(35)

6290 +11000 = 2252 W + 122.5 P

17292 = 252 (104 –P) + 122.5 P

P = 68.87 kg

W = 35.14 kg

اوضحت النتائج بانه يوجد لكل 100 كغم من البطاطس غير المقشرة 68.87 كغم من البطاطس المقشرة و 35.14 كغم من المواد المفقودة في مواد الغسيل في عملية ازالة القشرة بالبخار.

المصادر:

Yanniotis, S. (2008). Solving Problems in Food Engineering. springer + Business Media , LLC. New York.

Toledo, R. T. (2007). Fundamentals of Food Process Engineering. Third edition. . springer + Business Media, LLC. New York.

اليحيى، سليمان بن عبد العزيز (2000). المدخل الى هندسة الاغذية. مترجم. النشر العلمي والمطابع ، جامعة الملك سعود.

حوباني، علي ابراهيم بوكر (2000). العمليات المتكاملة في التصنيع الغذائي. مترجم. النشر العلمي والمطابع ، جامعة الملك سعود.

الدهان ، عامر حميد سعيد (1981) . هندسة معامل الاغذية والالبان. مطبعة سيما– روتوماكا 77200 ، تورسي ، فرنسا .