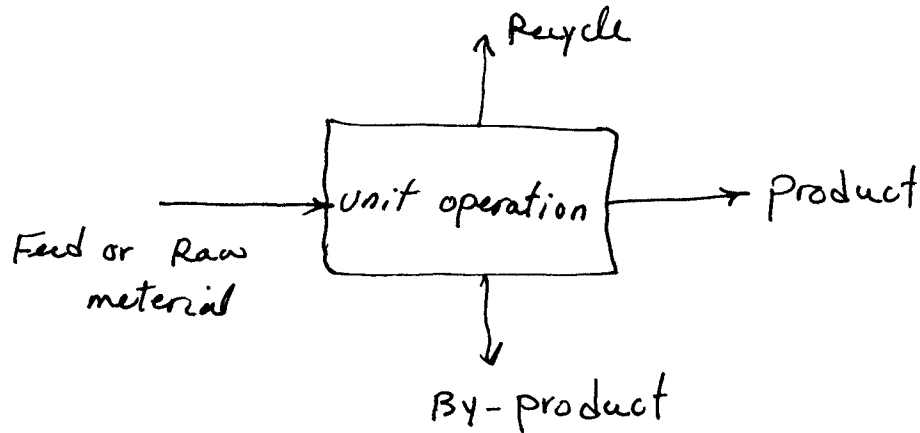


موازنه جرم (Mass or Material Balance):

- محاسبات و تعیین مواد ورودی و خروجی را میسر می‌کنند
- در فرمولاسیون محصول، تعیین ترکیبات و اندازه‌های مواد، بازده و بازی
- در ارزیابی بخش منفرد یا یک دستگاه مثل عمیق، عمیق - کل کارخانه



- سیستم: ناحیه از فضا یا مقدار معینی از ماده که توسط مرز (Boundary) محدود شده و واقعی یا فرض باشد

- ### قانون بقا در جرم: Law of mass conservation:
- جرم نه خلق و نه نابود می‌شود. بلکه ترکیب آن از شکلی به شکل دیگر تغییر می‌کند.
 - ترکیب جری واکنشگر (Reactant) در محصل در یک واکنش شیمیایی
 - ترکیب نه تشکیل دهنده مواد ورودی، فرآورنده یا عمیق - واحد، نه فرآورنده
 - ترکیب نه ادویه مواد ورودی

قانون بقا در حجم با رابطه ریاضی :

$$\text{وزن مواد باقی مانده در سیستم} + \text{وزن مواد خروجی از سیستم} = \text{وزن مواد موجود شده در سیستم} - \text{وزن مواد تولید شده در سیستم} + \text{وزن مواد ورودی به سیستم}$$

- بدون تولید و مصرف مواد :

$$\text{وزن مواد باقی مانده در سیستم} + \text{وزن مواد خروجی از سیستم} = \text{وزن مواد ورودی به سیستم}$$

$$\text{Inflow} = \text{outflow} + \text{Accumulation}$$

حالت پایدار (steady state) : در این حالت سرعت انتقال و حجم باقی مانده در سیستم یکسان است
$$\text{Inflow} = \text{outflow}$$

- مراحل موازنه حجم در یک سیستم ساده یا مرکب :

۱- استخراج داده لازم از صورت مسئله

۲- ترسیم دیاگرام جریان مواد (PFD)

۳- انتقال داده به PFD

۴- انتخاب متغیر میسبب (حجم یا زمان)

۵- تعیین سیستم و فرایند و ترسیم معادلات موازنه حجم آنها

۶- حل معادلات و تعیین مجهول مسئله

- ترسیم ریا برای جریان مواد، اهمیت آن

- فرآیند ناپیوسته یا غیر مداوم: Batch مثل چت مریا ، واحد حجم (kg)

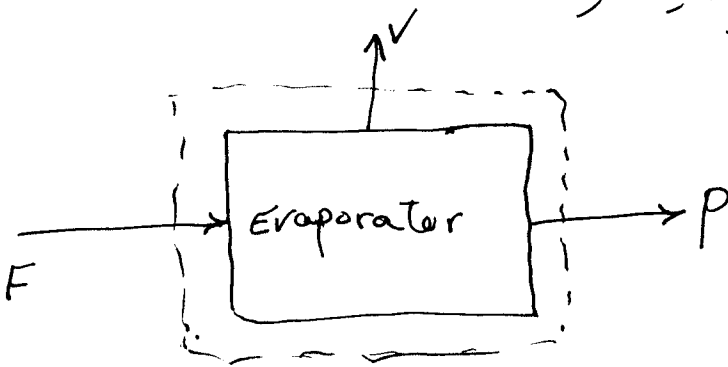
- فرآیند نیمه پیوسته یا نیمه مداوم: Semi continuous مثل خشک کن تونلی

- فرآیند مداوم یا پیوسته: Continuous مثل پاستوریزاسیون شیر ، کمیت در جری kg/s
در جی m^3/s

موازنه جرم کل (Total Mass Balance = TMB)

زمانی که موازنه جرم برای جرم کل جریان ورودی و خروجی کنش سیستم نوشته شود

مثال: در یک ادواتر، محلول رقیق وارد شده و بعد از آن آب سرد خارج می شود، موازنه جرم کل چگونه است؟ با فرض بر آنکه جریان یکدافت است

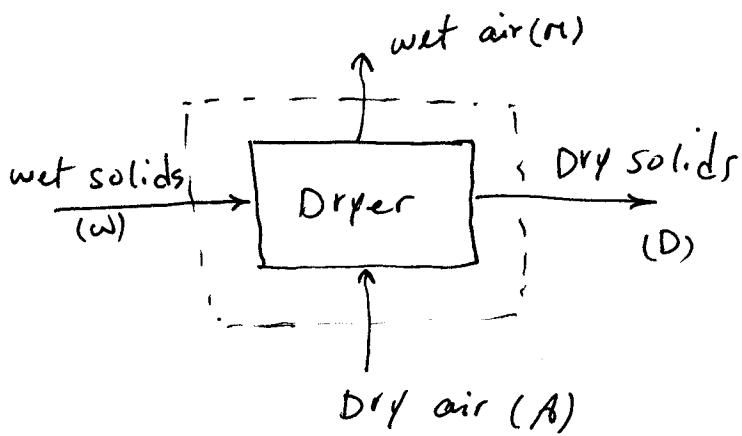


$$\text{Inflow} = \text{outflow} + \text{Accumulation}$$

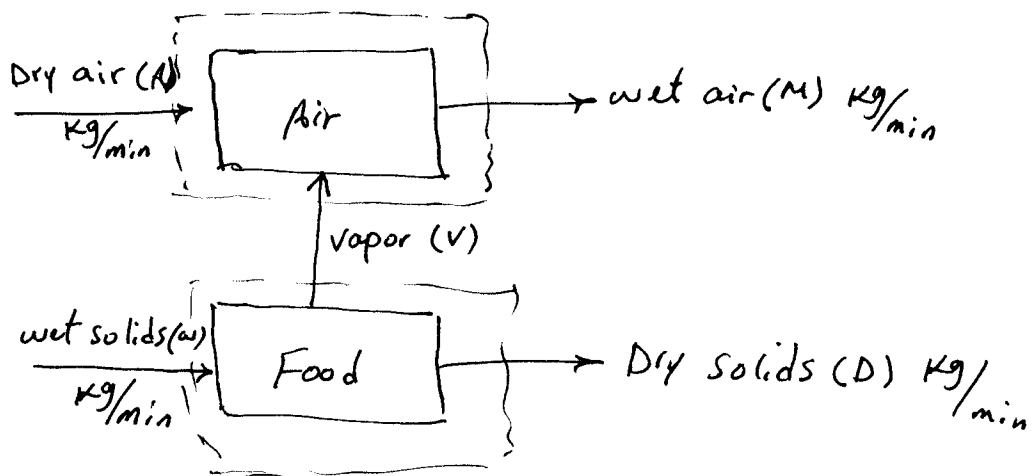
$$F = P + V$$

مثال: هوا با درجی A (kg/min) و ماده غذایی مرطوب با درجی B (kg/min) وارد خشک کن

می شود. مقدار جریان فرآیند را رسم نمایند و با فرض بر آنکه یکدافت موازنه جرم کل را بنویسند؟



$$w + A = M + D$$



$$A + V = M$$

برای هوا

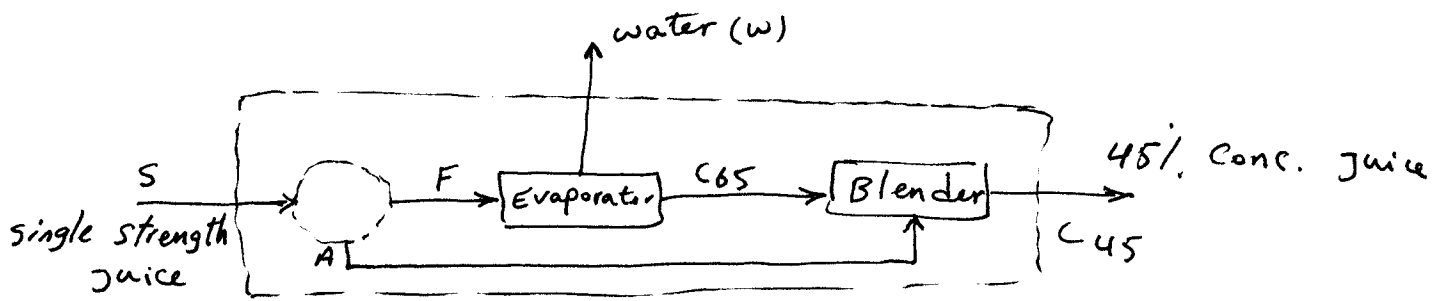
$$w = V + D$$

برای ماده غذایی

$$A + w = M + D$$

برای کل سیستم

مثال: اگر یک فرآیند، ابتدا آب تازه آب برقیال با ۲۵٪ مواد جامد از عصاره برقیال است
آمده پس توسط عصاره دورری تا غلظت ۶۵٪ مواد جامد برقیال مرشد، با گرم جریان
فرآیند را ترسیم کرده، موازنه جرم کل سیستم و در هر سیستم کن را بنویسید؟



موازنه جرم کل: $S = w + C_{45}$

proportionator: $S = F + A$

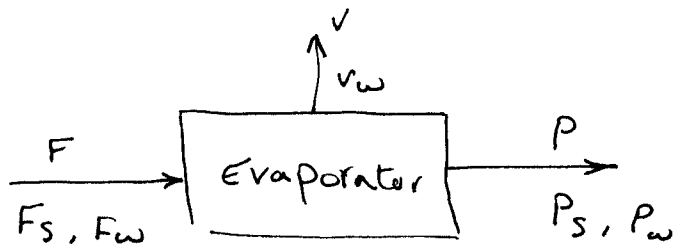
Evaporator: $F = w + C_{65}$

Blender: $C_{65} + A = C_{45}$

- موازنه جرم جزء (Component Mass Balance)

برای جرم آ دردی یا خروجی حرکت از اجزای (تک یا =) سیستم مورد نظر
اگر سیستم n جزء داشته باشد: ۱ + n معادله موازنه جرم ← یک معادله موازنه جرم اجزاء
← یک معادله موازنه جرم کل

مثال: مقدسیت معادله موازنه جرم جزء در زیر کنید تا بفهمید که از دو جزء آب و مواد جامد تشکیل شده است

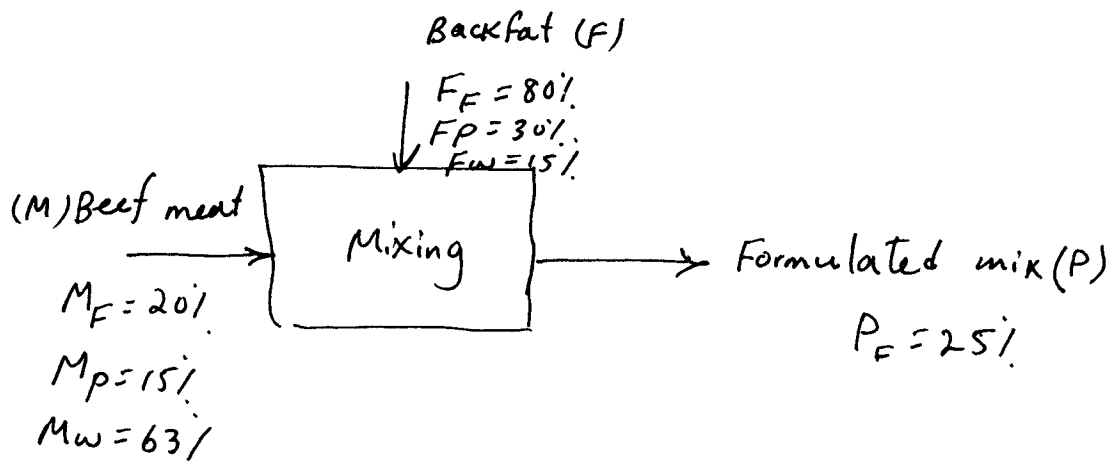


مقدار مواد جامد خروجی = مقدار مواد جامد ورودی

for solids $\rightarrow F \times F_s = P \times P_s + V + V_s \rightarrow F \times F_s = P \times P_s$

for water $\rightarrow F \times F_w = V \times V_w + P \times P_w$

مثال: در یک فرآیند برای تهیه یک فرآورده گوشتی، مخلوطی ۲۵٪ چربی، گوشت گاو (۱۵٪ پروتئین، ۲٪ چربی و ۶۳٪ آب) با چربی گاو (۱۵٪ پروتئین، ۸۰٪ چربی و ۳٪ آب) پروتئین) مخلوط می‌شود. معادلات PFD و تعیین معادلات موازنه جرم کلی و چربی این فرآیند.



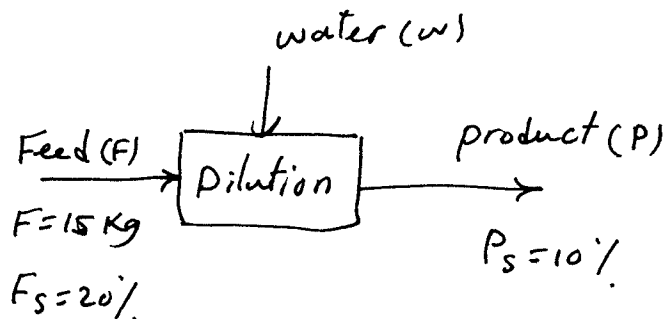
$$TMB \rightarrow M + F = P$$

$$CMB \rightarrow \text{Fat} : M \times M_F + F \times F_F = P \times P_F$$

$$\text{protein} : M \times M_P + F \times F_P = P \times P_P$$

$$\text{water} : M \times M_W + F \times F_W = P \times P_W$$

مثال: از رتق سازی ۱۵ کیلوگرم محلول ۲۰٪ نمک طعام و ۱۰٪ محلول ۱۰٪ نمک طعام به دست می‌آید؟

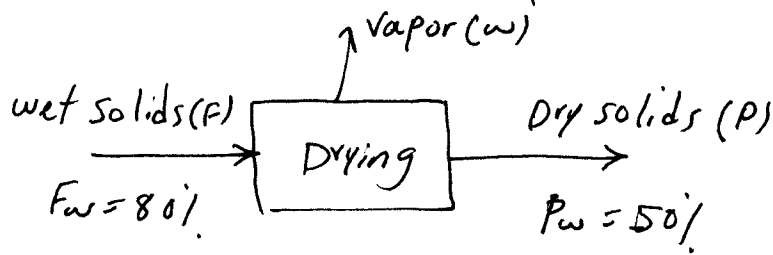


$$TMB \rightarrow F + w = P \rightarrow 15 + w = P$$

$$CMB \rightarrow F \times F_S = P \times P_S \rightarrow 0.2 \times 15 = 0.1 \times P$$

$$P = 30 \text{ kg}, w = 15 \text{ kg}$$

مثال: اگر مقدار رطوبت ماده‌ای طی خشک کردن غیر مداوم از ۸۰٪ به ۵۰٪ برسد، مقدار کاهش وزن چقدر خواهد بود؟



روش اول: با نظر گرفتن مبنا

Basis : $F = 100 \text{ Kg}$

$$\text{TMB : } F = V + P \rightarrow 100 = V + P \quad (1)$$

$$\text{CMB for water, } F \times F_w = V + P \times P_w \rightarrow 100 \times 0.8 = V + P \times 0.5 \quad (2)$$

$$P = 40 \text{ Kg} , V = 60 \text{ Kg}$$

$$\text{Weight Reduction (\%)} = \frac{F - P}{F} \times 100 = \frac{100 - 40}{100} \times 100 = 60\%$$

روش دوم:

$$\text{CMB for Solids: } F \times F_s = P \times P_s \rightarrow F \times 0.2 = P \times 0.5$$

$$\frac{P}{F} = \frac{0.2}{0.5} = 0.4$$

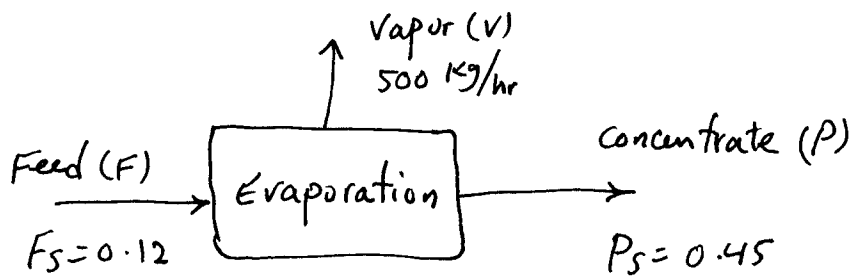
$$P = 0.4 F$$

$$\text{weight Reduction (\%)} = \frac{F - P}{F} \times 100 = \frac{F - 0.4F}{F} \times 100 = 60\%$$

- موازنه جرم فرآیند را بنویسید

- در این فرآیند مبنای محاسبات واحد جرم بر وزن است (kg/h)
- ورودی مایع به فرآیند مایع است.

مثال: ظرفیت تبخیر (Evaporation capacity) یک اداریتر ۵۰۰ kg/h بخار آب است.
در صورتی که هدف تغلیظ عصاره آب سیب از ۱۲٪ مواد جامد تا ۴۵٪ باشد، سرعت تولید کف نمره را می‌توان به‌کند.



$$\text{TMB: } F = V + P \rightarrow F = 500 + P \quad (1)$$

$$\text{UMB: } F \cdot F_s = P \cdot P_s \rightarrow F \times 0.12 = P \times 0.45 \rightarrow F = 3.75P \quad (2)$$

$$(1) \text{ \& } (2) \rightarrow 3.75P = 500 + P \rightarrow P = 181.8 \text{ kg}$$

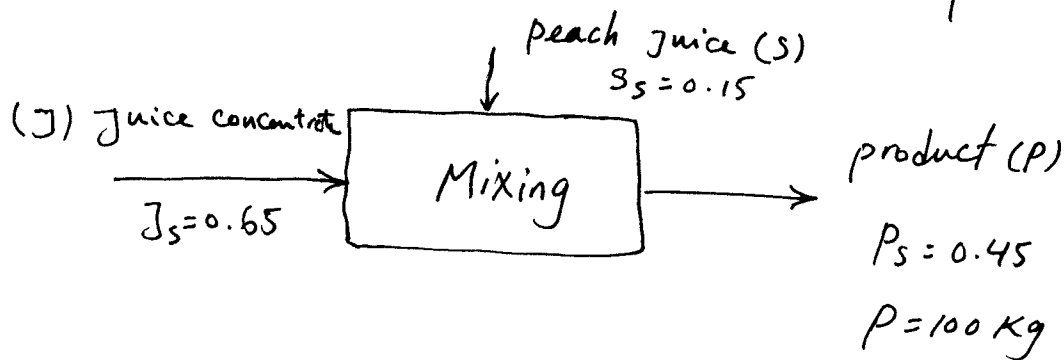
$$F = 500 + 181.8 = 681.8 \text{ kg/hr} \quad \text{سرعت تولید کف نمره } 181.8 \text{ kg/h} \text{ است.}$$

- محاسبه کردن اترددنی و قدرانی (فرمولاسیون)

Formulation or Blending of Food ingredients

موازنه جرم کل و جزء داخل هر یک از آنها

مثال: چه مقدار کنسنتره آب هلو با ۲۵٪ مواد جامد و عصاره هلو با ۱۵٪ مواد جامد باید مخلوط شود تا ما ۱۰۰ کیلوگرم کنسنتره با ۴۵٪ مواد جامد بدست آید؟



TMB: $J + S = P \rightarrow J + S = 100$ ①

CMB: $J \cdot J_s + S \cdot S_s = P \cdot P_s \rightarrow J \times 0.65 + S \times 0.15 = 100 \times 0.45$ ②

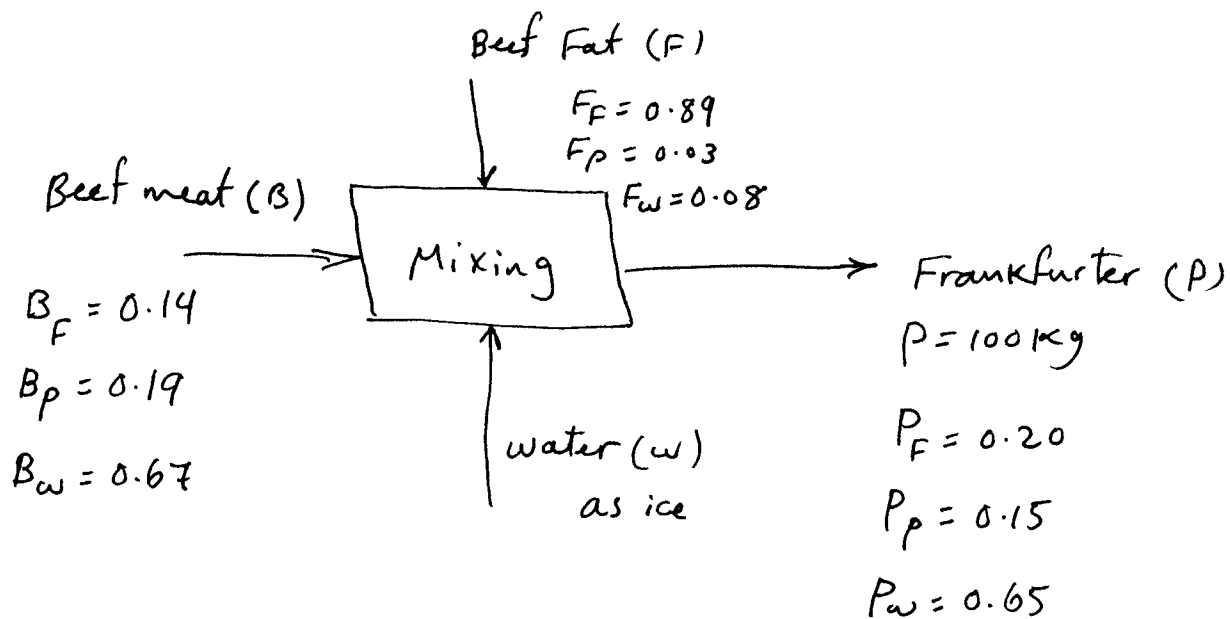
① & ② $\rightarrow S = 40 \text{ Kg} \text{ \& } J = 60 \text{ Kg}$

مثال: در فرمولاسیون فرانکفورت (Frankfurter) از گوشت گاو، مرغی و آب استفاده می‌شود، در موردی که ترکیب شیمیایی مواد اولیه و محصول به صورت زیر باشد، چند کیلوگرم مواد اولیه باید مخلوط شود تا ۱۰۰ کیلوگرم فرانکفورت بدست آید؟

Beef: 14% fat, 67% water, 19% protein

Fat: 89% fat, 8% water, 3% protein

Frankfurter: 20% fat, 65% water, 15% protein



TMB: $B + F + W = P \longrightarrow B + F + W = 100$ (1)

CMB for protein: $B \times B_P + F \times F_P = P \times P_P$

$B \times 0.19 + F \times 0.03 = 100 \times 0.15$ (2)

CMB for fat: $B \times B_F + F \times F_F = P \times P_F$

$B \times 0.14 + F \times 0.89 = 100 \times 0.2$ (3)

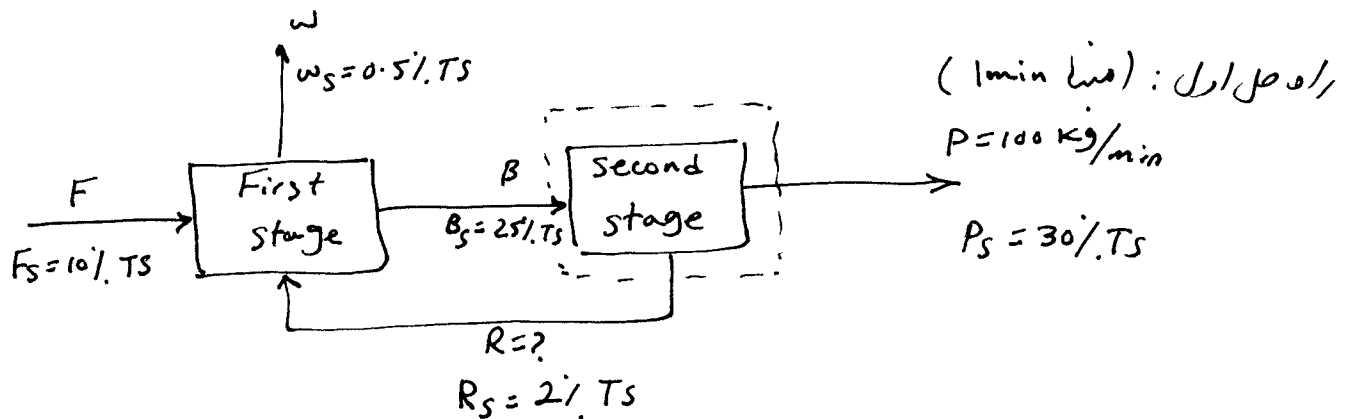
(1) & (2) & (3) $\longrightarrow B = 77.3 \text{ kg}$

$F = 10.3 \text{ kg}$

$W = 12.4 \text{ kg}$

مولزده جرم فرازند که چند مرحله

مثال: تدس کب ستم غشی در مرحله ۱، ماده قدی نام از ۱۰٪ ماده جاده تا ۳٪ تعلط نشود.
در هر فرازند غشی یک فاز عبوری از درون غش، به نام تراوه (permeate) دیگر فاز بازدرشته
شده تدس غش، به نام ناتراوه (Retentate) داریم. در این ساله ناتراوه حامل از مرحله
اول دارای علف ۲۵٪ مواد جادی باشد که برای رسیدن به علف نهایی وارر ستم غشی
مرحله دوم می شود. ترازه مرحله اول علف مواد جاده بسیار ثنی دارد (۰.۵٪)، ۱۱ تراوه
مرحله دوم دارای علف بیستی است (۲٪)، لذا آن را به ستم غشی مرحله اول برگشت
دارد تا مواد جاده بیستی از آن باز یافت شود. در هدری که دی جری محمول نهایی ۱-
کسی گرم در واقع باشد، مقدار جری برگشتی مرحله دوم را به دست آورید.



TMB: $B = P + R \rightarrow B = 100 + R$ ①

CMB: $B \cdot B_s = P \cdot P_s + R \cdot R_s \rightarrow B \times 0.25 = 100 \times 0.3 + R \times 0.02$ ②

① & ② $\rightarrow R = 21.73 \text{ Kg}$, $B = 121.73 \text{ Kg}$

راه حل دوم:
موازنه جرم برای کل سیستم:

$$TMB: F = P + w \rightarrow F = 100 + w$$

$$CMB: F \cdot F_s = P \cdot P_s + w \cdot w_s \rightarrow F \times 0.1 = w \times 0.005 + 100 \times 0.3 \quad (2)$$

$$(1) \text{ \& } (2) \rightarrow w = 210.5 \text{ Kg} , F = 310.5 \text{ Kg}$$

موازنه جرم برای زیر سیستم مرده اول:

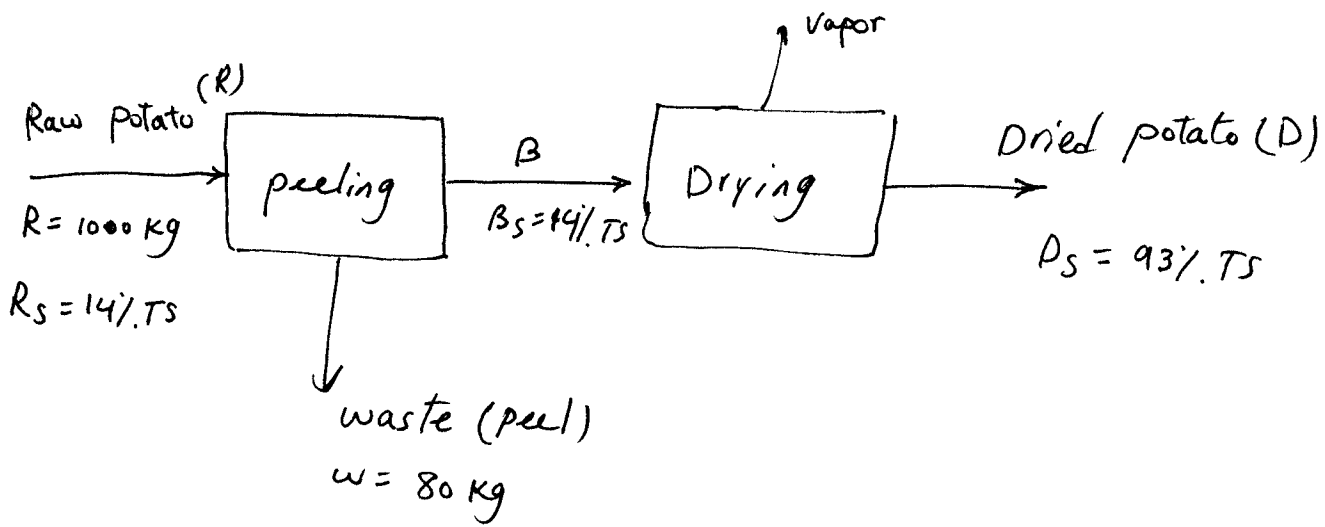
$$TMB: F + R = w + B \rightarrow 310.5 + R = 210.5 + B \quad (1)$$

$$CMB: F \cdot F_s + R \cdot R_s = w \cdot w_s + B \cdot B_s$$

$$310.5 \times 0.1 + 0.02 \times R = w \times 0.005 + B \times 0.25 \quad (2)$$

$$(1) \text{ \& } (2) \rightarrow R = 21.73 \text{ Kg} , B = 121.73 \text{ Kg}$$

مثال: در یک فرآیند خشک کردن، ۱۰۰۰ کیلوگرم سیب زمینی با ابتدای پخت گیری و سپس خشک می شود. در هر مدار جابجایی سیب زمینی ۱۴٪ و در هر مدار نهایی در محمول خشک ۹۳٪ است. هرگاه ضایعات ناشی از پخت گیری سیب زمینی ۸٪ دزنی باشد، راندمان تولید را حساب کنید.



TMB for peeling: $R = w + B \rightarrow B = 1000 - 80 = 920 \text{ kg}$

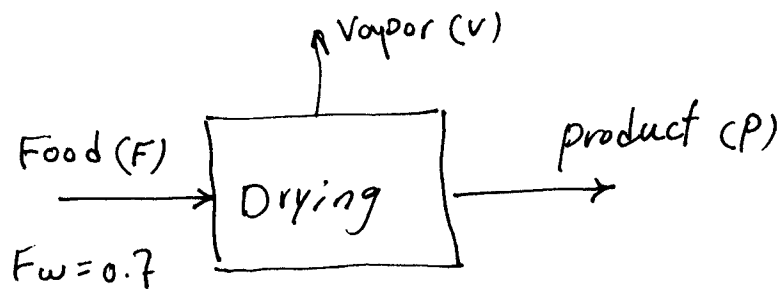
CMB for Drying: $B \cdot B_S = D \cdot D_S \rightarrow 920 \times 0.14 = D \times 0.93$

$\rightarrow D = 138.5 \text{ kg}$

production efficiency = $\frac{138.5}{1000} \times 100 = 13.85\%$

مثال: در اثر خشک کردن یک ماده غذایی با رطوبت ۷۰٪، حدود ۱۰٪ رطوبت آن حذف می شود. محاسبات:
الف - جرم آب تبخیر شده به نسبت جرم ماده غذایی مرطوب

ب - نسبت محصول نهایی



هنگامی که ماده ورودی را بطور موزون میزنند

ماده غذایی مرطوب: $F \times F_w = 1 \times 0.7 = 0.7 \text{ Kg/Kg}$ مقدار رطوبت ماده ورودی

ماده غذایی مرطوب: $v = 0.8 \times (F \times F_w) = 0.8 \times 0.7 = 0.56 \text{ Kg/Kg}$ مقدار رطوبت تبخیر شده

TMB: $F = v + P \rightarrow P = 1 - 0.56 = 0.44$: ب

CMB For solids $\rightarrow F \times F_s = P \times P_s \rightarrow 1 \times 0.3 = P_s \times 0.44$

$P_s = 0.68$

نسبت استخراج محصول غذایی ۶۸٪ / ~~ماده جامد~~ ۳۲٪ رطوبت دارد

CMB For water: $F \times F_w = v + P \times P_w \rightarrow 0.7 = 0.56 + P \times P_w$

$\rightarrow P \times P_w = 0.14 \text{ Kg}$ مقدار آب تبخیر شده

CMB For solids, $F \times F_s = P \times P_s \rightarrow 0.3 \times 1 = P \times P_s$

$\rightarrow P \times P_s = 0.3 \text{ Kg}$ مقدار ماده جامد

بنابرین ماده غرضی جاری 0.14 Kg آب و 0.3 Kg ماده جامد است پس:

$$K_w = \frac{0.14 \text{ Kg}}{0.14 + 0.3 \text{ Kg}} = 0.32 \quad \text{که جری آب}$$

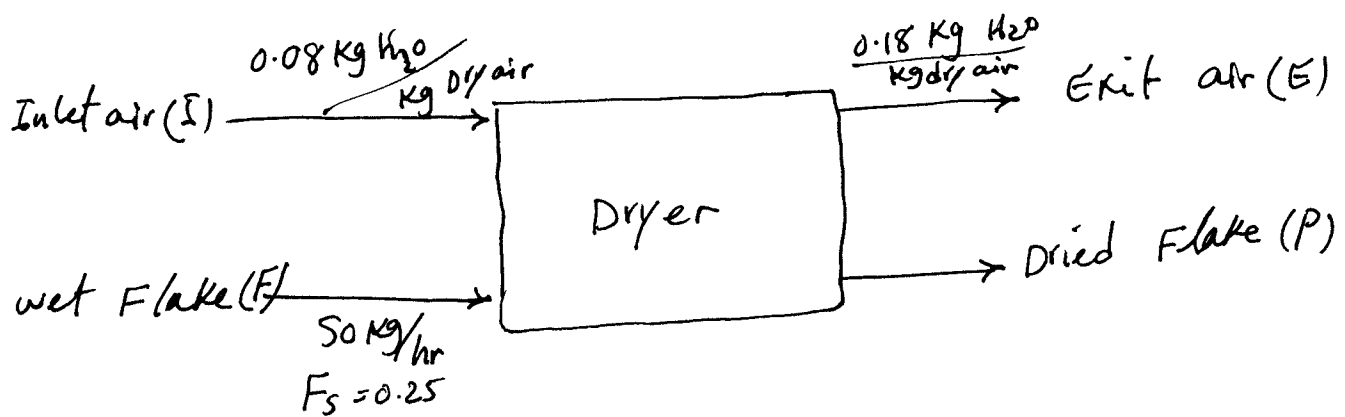
$$K_s = \frac{0.3 \text{ Kg}}{0.14 + 0.3 \text{ Kg}} = 0.68 \quad \text{که جری ماده جامد}$$

مثال: درته د لکچر سب زمینی (Potato Flakes) دارای رطوبت ۷۵٪ بر مبنای رطوبت
تشدید یک خشکن جریان هم (Co-current flow) خشک می‌گردد. مقدار رطوبت
هوای ورودی به خشکن ۱۰.۸ کیلوگرم آب به ازای هر کیلوگرم هوای خشک است. مقدار
رطوبت هوای غرضی خشکن ۱۸ کیلوگرم آب به ازای هر کیلوگرم هوای خشک به دست
آمده است. اگر سرعت جریان (دی) هوای خشک ورودی به خشکن ۱ کیلوگرم
در ساعت و سرعت جریان (دی) درته در مضراب سب زمینی ۵۰ کیلوگرم در ساعت باشد،

مکدرست:

الف - دی جری محصل خشک شده

ب - مقدار رطوبت درته د سب زمینی غرضی از خشکن برای وزن خشک



جرم رطوبت ورودی + جرم هوای خشک = جرم هوای ورودی به خشک کن

$$I = 100 + 100 \times 0.08 = 108 \text{ kg/hr}$$

جرم رطوبت خروجی + جرم هوای خشک = جرم هوای خروجی از خشک کن

$$E = 100 + 100 \times 0.18 = 118 \text{ kg/hr}$$

TMB: $I + F = E + P \rightarrow 108 + 50 = 118 + P \rightarrow P = 40 \text{ kg/hr}$
 در جرمی سبب زمین خروجی

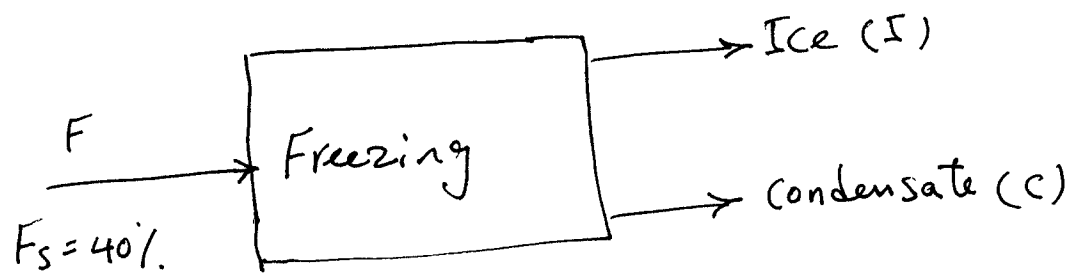
CMB for solids: $F \times F_s = P \times P_s \rightarrow 50 \times 0.25 = 40 \times P_s$

$$P_s = 0.3125$$

$$P_w = 0.6875 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sample}}$$

$$M_{db} = \frac{M_{wb}}{1 - M_{wb}} = \frac{0.6875}{1 - 0.6875} = 2.2 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg Dry Solids}}$$

مثال: مخلوط لبنی شامل ۵٪ مواد جامد و بقیه فریزر میخورد می شود به طوری که نمایی از آب اولیه موجود در آن به هیچ تبدیل می شود. اگر مخلوط اولیه حاوی ۱۲٪ چربی، ۱۲٪ شکر و ۱۲٪ مواد جامد بدون چربی (SNF) باشد، غلظت چربی، شکر، مواد جامد بدون چربی و آب را در فاز آبی محلول میخورد شده تعیین نماید.



$$F_F = 12\%$$

$$F_{Sug} = 16\%$$

$$F_{SNF} = 12\%$$

مبای و سبب : ۱- خلط دارد

$$I = 0.5 (F \times F_w) = 0.5 (100 \times 0.6) = 30 \text{ Kg}$$

$$\text{TMB: } F = I + C \rightarrow C = 100 - 30 = 70 \text{ Kg}$$

$$\text{CMB for fat: } F \cdot F_F = C \cdot C_F \rightarrow 100 \times 0.12 = 70 \times C_F \rightarrow C_F = 0.171$$

$$\text{CMB for sugar: } F \cdot F_{Sug} = C \cdot C_{Sug} \rightarrow 100 \times 0.16 = 70 \times C_{Sug} \rightarrow C_{Sug} = 0.229$$

$$\text{CMB for SNF: } F \cdot F_{SNF} = C \cdot C_{SNF} \rightarrow 100 \times 0.12 = 70 \times C_{SNF} \rightarrow C_{SNF} = 0.171$$

$$\text{CMB for water: } F \cdot F_w = C \cdot C_w + I \cdot I_w \rightarrow$$

$$100 \times 0.6 = 70 \times C_w + 30 \times 1 \rightarrow$$

$$C_w = 0.429$$

$$\sum (x_i)_C = (x_w + x_F + x_{Sug} + x_{SNF})_C =$$

$$0.429 + 0.171 + 0.229 + 0.171 = 1$$

مبای و سبب

مثال: تراریست فرآورده تولید شود که مقدار متسین (MET) آن با محدود کردن چند پوش گیاهی موازنه شده باشد. اخلایات زیر درباره ترکیب مواد اولیه مورد نظر وجود دارد.

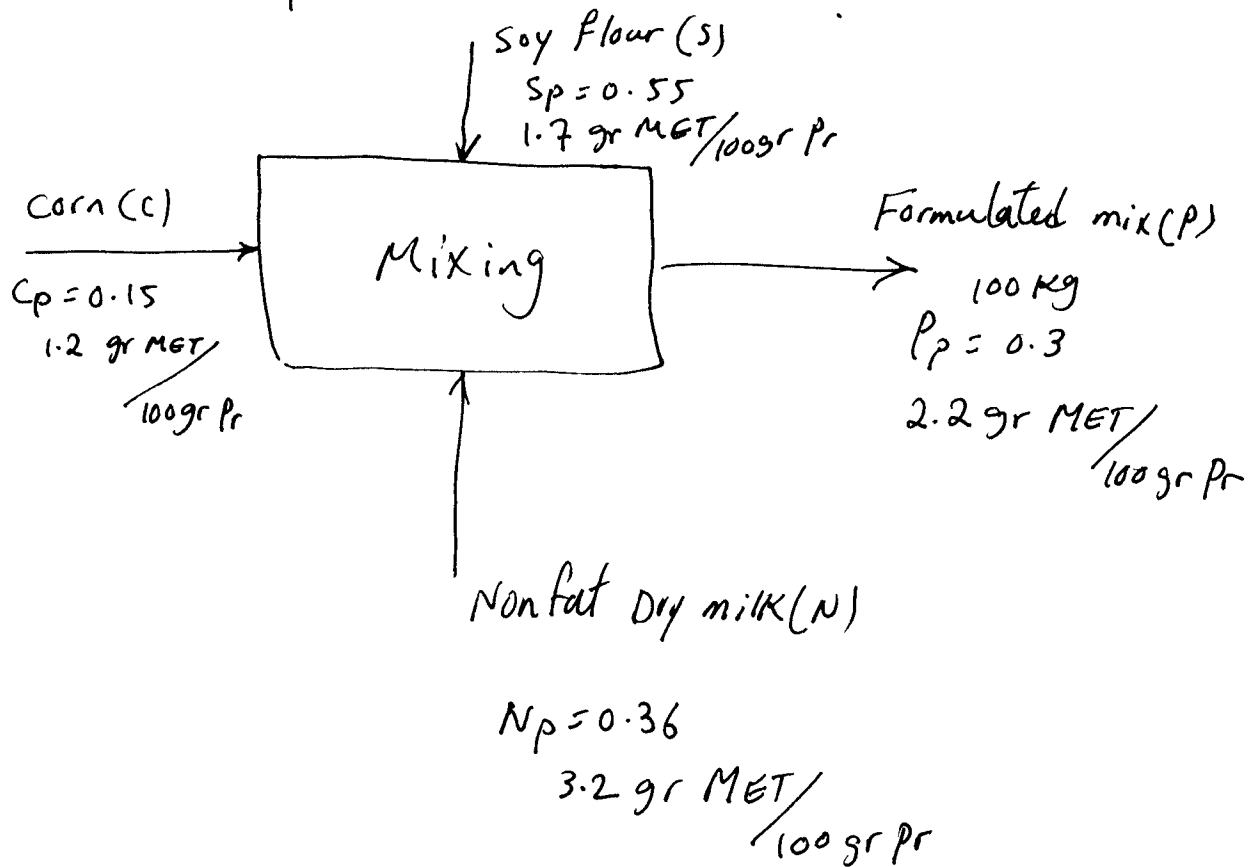
حاصل کنند برای تهیه ۱۰۰ کلوگرم محلول محوی ۳٪ پوشین و ۲٪ گرم متسین به ازای هر ۱۰۰ گرم پوشین، چه مقدار از هر ماده اولیه مورد نیاز است.

مواد اولیه بر دترس:

ذرت: جاری ۱۵٪ پوشین و ۳٪ گرم متسین به ازای هر ۱۰۰ گرم پوشین

آرد سویا: جاری ۵۵٪ پوشین و ۱۴٪ گرم متسین به ازای هر ۱۰۰ گرم پوشین

شیر خشک بدون چربی: جاری ۳۶٪ پوشین و ۳٪ گرم متسین به ازای هر ۱۰۰ گرم پوشین



$$\text{TMB: } C + S + N = P \rightarrow C + S + N = 100 \quad (1)$$

$$\text{CMB for protein: } C \times C_p + S \times S_p + N \times N_p = P \times P_p$$

$$0.15C + 0.55S + 0.36N = 100 \times 0.3 \quad (2)$$

$$\text{CMB for MET: } C \times C_M + S \times S_M + N \times N_M = P \times P_M$$

$$\left(\frac{1.2}{100}\right)(0.15) \times C + \left(\frac{1.7}{100}\right)(0.55) \times S + \left(\frac{3.2}{100}\right)(0.36) \times N =$$

$$\left(\frac{2.2}{100}\right)(0.3) \times 100$$

$$0.18C + 0.935S + 1.152N = 66 \quad (3)$$

بطل سے مارے محمول فوق از طریق درمیان ماریں ۳x۳

$$C = 46.25 \text{ Kg}$$

$$S = 19.54 \text{ Kg}$$

$$N = 34.2 \text{ Kg}$$

مثال: از ... کسکدوم رانه سویا طبق مراحل زیر روغن گیری می‌شود:

الف - خرد کردن و فشردن که طی آن مقدار روغن باقی مانده در رانه ۶ به ۴٪ می‌رسد.

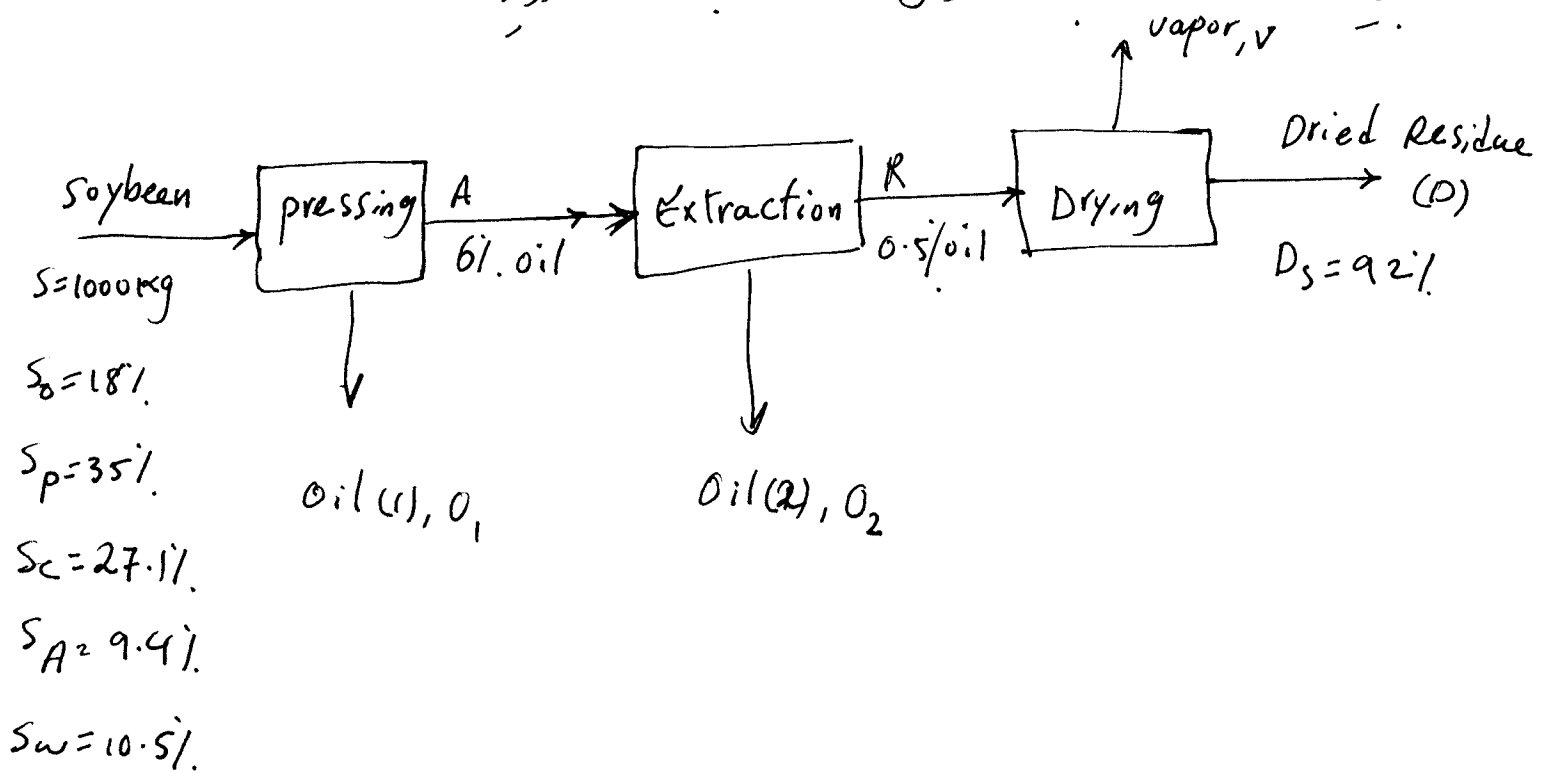
ب - استخراج با حلال هگزان که طی آن تنگانه‌ای با ۰.۵٪ روغن باقی‌مانده.

ج - خشک کردن تنگانه با مقدار رطوبت ۱۸٪.

با فرض اینکه رانه سویا محوی ۱۸٪ روغن، ۳۵٪ پروتئین، ۲۷.۱٪ کربوهیدرات و

۹.۴٪ خاکستر باشد و در فرآیند فشردن و استخراج فقط روغن خالص خارج شود، مقادیر وزنی

حرامان و ورودی و خروجی در مراحل مختلف را به دست آورید.



For pressing:

$$\text{TMB: } S = O_1 + A \rightarrow 1000 = O_1 + A \quad (1)$$

$$\text{CMB: } S \times S_0 = O_1 \times O_{10} + A \times A_0 \rightarrow 1000 \times 0.18 = O_1 \times 1 + A \times 0.06 \quad (2)$$

$$(1) \& (2) \rightarrow A = 872.3 \text{ kg}, \quad O_1 = 127.7 \text{ kg}$$

For extraction:

$$\text{TMB: } A = O_2 + R \rightarrow 872.3 = O_2 + R \quad (1)$$

$$\text{CMB: } A \times A_0 = O_2 \times O_{20} + R \times R_0 \rightarrow 872.3 \times 0.06 = O_2 \times 1 + R \times 0.005 \quad (2)$$

$$(1) \& (2) \rightarrow R = 824.1 \text{ kg}, \quad O_2 = 48.2 \text{ kg}$$

TMB for whole system (dried solid)

$$\text{CMB: } S \times S_s = O_1 \times O_{1s} + O_2 \times O_{2s} + D \times D_s$$

$$1000 \times 0.895 = 127.7 + 48.2 + D \times 0.92$$

$$D = 781.6 \text{ kg}$$

For Drying:

مقدار آب حاصل از فک کردن

$$\text{TMB: } R = V + D \rightarrow V = 824.1 - 781.6 = 42.5 \text{ kg}$$