

فصل ششم

فرآیند حرارتی

دو نوع فرآیند حرارتی پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون بررسی می شود .

پاستوریزاسیون Pasteurization

هدف از پاستوریزاسیون ، از بین بردن کلیه میکروارگانیسم های بیماریزا (نظیر پاستوریزاسیون شیر) و یا از بین بردن یا کاهش تعداد میکروارگانیسم های عامل فساد در برخی از مواد غذایی است . (نظیر پاستوریزاسیون سرکه) . در مورد پاستوریزاسیون شیر هدف از بین بردن مقاوم ترین میکروب بیماریزای شیر ، عامل تب کبک به نام کوکسیلا بورنتی *Coxiella burnetti* می باشد . قبلاً اعتقاد بر این بود که میکروب عامل سل به نام مایکوباکتریوم توبرکلوزیس مقاوم ترین میکروب بیماریزای شیر است .



درجه حرارت پاستوریزاسیون شیر موجب نابودی کلیه مخمرها ، کپک ها ، باکتری های گرم منفی و بعضی از باکتری های گرم مثبت می شوند ، دو گروه از ارگانیزم هایی که بعد از پاستوریزاسیون شیر زنده می مانند ، ترموفیل ها و ترمودوریک ها هستند .

ترموفیل ها : ارگانیزم هایی هستند که نه تنها در درجه حرارت بالا زنده می مانند بلکه برای رشد و انجام فعالیت های متابولیکی به درجه حرارت های بالا نیاز دارند . مهمترین باکتری های ترموفیل مواد غذایی متعلق به جنس های **باسیلوس و کلستریدیوم** است .

ترمودوريك ها : ارگانيسم هائي هستند که در درجه حرارت هاي بالا زنده مي مانند ولي الزاماً
رشيدي ندارند . ارگانيسم هاي غير اسپورزائي که طي پاستوريزاسيون زنده مي مانند به طور
معمول متعلق به جنس هاي **استرپتوکوکوس و لاکتوباسیلوس** و گاهي به جنس هاي ديگر تعلق
دارند .



پاستوریزاسیون فرآیند حرارتی ملایمی است که عموماً در دمایی پایین تر از دمای جوش ماده غذایی انجام می شود و در مواردی بکار می رود که :

الف- ساختمان ماده غذایی تا حدی مانع رشد و نمو میکروارگانیسم ها شود. مثل مرباجات و غذاهای اسیدی مثل ترشیجات

ب- غذاهایی که بعد از پاستوریزاسیون در یخچال نگه داشته شوند مثل شیر .

ج- غذاهایی که بعد از پاستوریزاسیون ، خشک شده یا تغلیظ و یا منجمد شوند . مثل شیر خشک .

استریلیزاسیون Sterilization

محصول فاقد هر میکروارگانیسم بیماریزا و مولد سم است و اگر میکروارگانیسم فاسد کننده ای هم باقی مانده باشد در شرایط نگهداری محصول در دمای محیط نتواند رشد و تکثیر کند . بنابراین استریلیزاسیون فرایند حرارتی است که در آن کلیه میکروارگانیسم ها (حداقل به صورت تجارتي) از بین می روند . استریلیزاسیون به دو شکل است :

- 1- استریلیزاسیون مطلق
- 2- استریلیزاسیون تجاري

استریلیزاسیون مطلق: یعنی نمونه از نظر میکروارگانیزم صفر شود یعنی شعله بدهیم .

استریلیزاسیون تجاری: به از بین رفتن میکروارگانیزم ها در محیط مایع گفته می شود که از نظر تئوری تعداد به صفر نمی رسد . پس در مواد غذائی استریلیزاسیون تجاری اعمال می شود . در محیط مایع کاهش تعداد میکروارگانیزم ها در اثر فرآیند حرارتی به شکل کاهش دهنده و لگاریتمی است.

در استریل تجاری فرآیند حرارتی را باید آن حدی اعمال کرد که احتمال فساد به 10^{-12} برسد (طبیعتاً تعداد اولیه مهم است).

فرمول ها و منحنی های حرارتی

T. D.T: زمانی است که در يك دمائی همه میکروارگانیسم ها می میرند .

T. D.T :Thermal Death Time

تعریف D.Value : مدت زمان بر حسب دقیقه که لازم است تا در يك دمائی معین جمعیت

میکروارگانیسم ها تا حد 90% کاهش یابد . یا به اصطلاح يك سیکل لگاریتمی از تعداد میکروارگانیسم ها کم شود . (یا منحنی زنده ماندن يك سیکل لگاریتمی را طی کند) .

در حقیقت D مخفف زمان کاهش دهنده Decimal Reduction Time است .

با استفاده از D.value می توان دو تا میکروارگانیسم را در حرارت بخصوص مقایسه کرد . در يك دمائی معین هر چه D.value میکروارگانیسمی بیشتر از میکروارگانیسم دیگر باشد یعنی مقاومت حرارتی اش بیشتر است .

۱. مثال: در دمای مورد نظر چند D باید اعمال کنیم تا تعداد میکروارگانیزم ها از ۱۰۰۰۰ به ۱۰ تا برسد.

جواب: در هر مرحله ۹۰ درصد می میرند. مثلاً در مرحله اول از ۱۰۰۰۰ تا ۹۰۰۰ تایشان می میرند و فقط ۱۰۰۰ تا باقی می ماند. در مرحله دوم از ۱۰۰۰ تا ۹۰۰ تا می میرند و ۱۰۰ تا باقی می ماند و نهایتاً در مرحله سوم از ۱۰۰ تا ۹۰ تا می میرند و ۱۰ تا باقی می ماند پس سه مرحله می شود (۳D)

۱۰۰۰۰

۱۰۰۰

۱۰۰

۱۰

۲. اگر D_{250} میکروارگانیزمی ۲ دقیقه باشد چند دقیقه طول می کشد تا تعداد میکروارگانیزم ها از 10^8 به عدد 10^2 برسد.

جواب $6 \times 2 = 12$

۳. اگر D_{250} میکروارگانیزی $۰/۳$ دقیقه باشد و مدت $۱/۲$ دقیقه میکروارگانیزم در دمای ۲۵۰ درجه فارنهایت بوده باشد تعداد میکروارگانیزم چند سیکل لگاریتمی کاهش پیدا کرده است.

جواب: ۴ سیکل لگاریتمی

$$۱/۲ \div ۰/۳ = ۴$$

۴. اگر در یک فرایند حرارتی ۹۹ درصد میکروارگانیزم ها از بین رفته باشند در آن دما چند D اعمال شده است.

جواب:

عدد ۹۹ را تبدیل به حالت های ۹۰ درصدی (تعریف D) می کنیم.

$$99 = 90 + 9$$

جواب می شود 2D

۵. اگر در یک فرایند حرارتی ۹۹/۹۹۹ درصد از میکروارگانیسم ها از بین رفته باشد در آن دما چند D اعمال شده است.

جواب:

$$100 \quad 99/999$$

$$X=10^5 \quad 99999$$

حالا عدد ۹۹۹۹۹ را تبدیل به حالت های ۹۰ درصدی (تعریف D) می کنیم.

$$99999 = 90000 + 9000 + 900 + 90 + 9$$

جواب می شود 5D

۶. محیطی به حجم ۵۰ مترمکعب از شیره ذرت موجود است. در هر میلی لیتر آن تعداد 2×10^2

اسپور وجود دارد. جهت از بین بردن ۹۹/۹ درصد اسپورها چه طول پریود حرارتی لازم است.

جواب: 3D

دو منحنی حرارتی رسم می شود :

1- منحنی زنده ماندن (بقاء) یا منحنی کاهش دهنده

D.R.C : Decimal Reduction Curve (Survival Curve)

2- منحنی زمان مرگ حرارتی

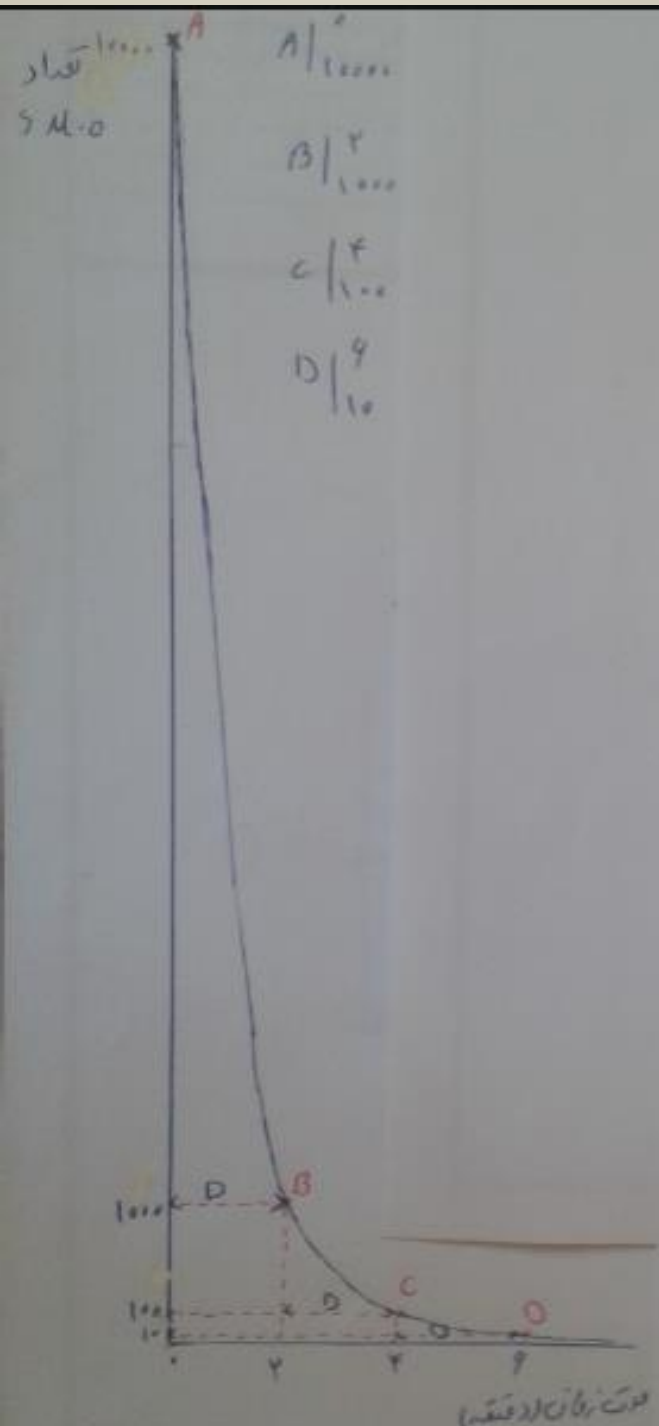
(D.T.C T.D.T.C -) : Thermal Death Time Curve

(Death Time Curve) - (Distruction Curve)

رسم منحني D.R.C

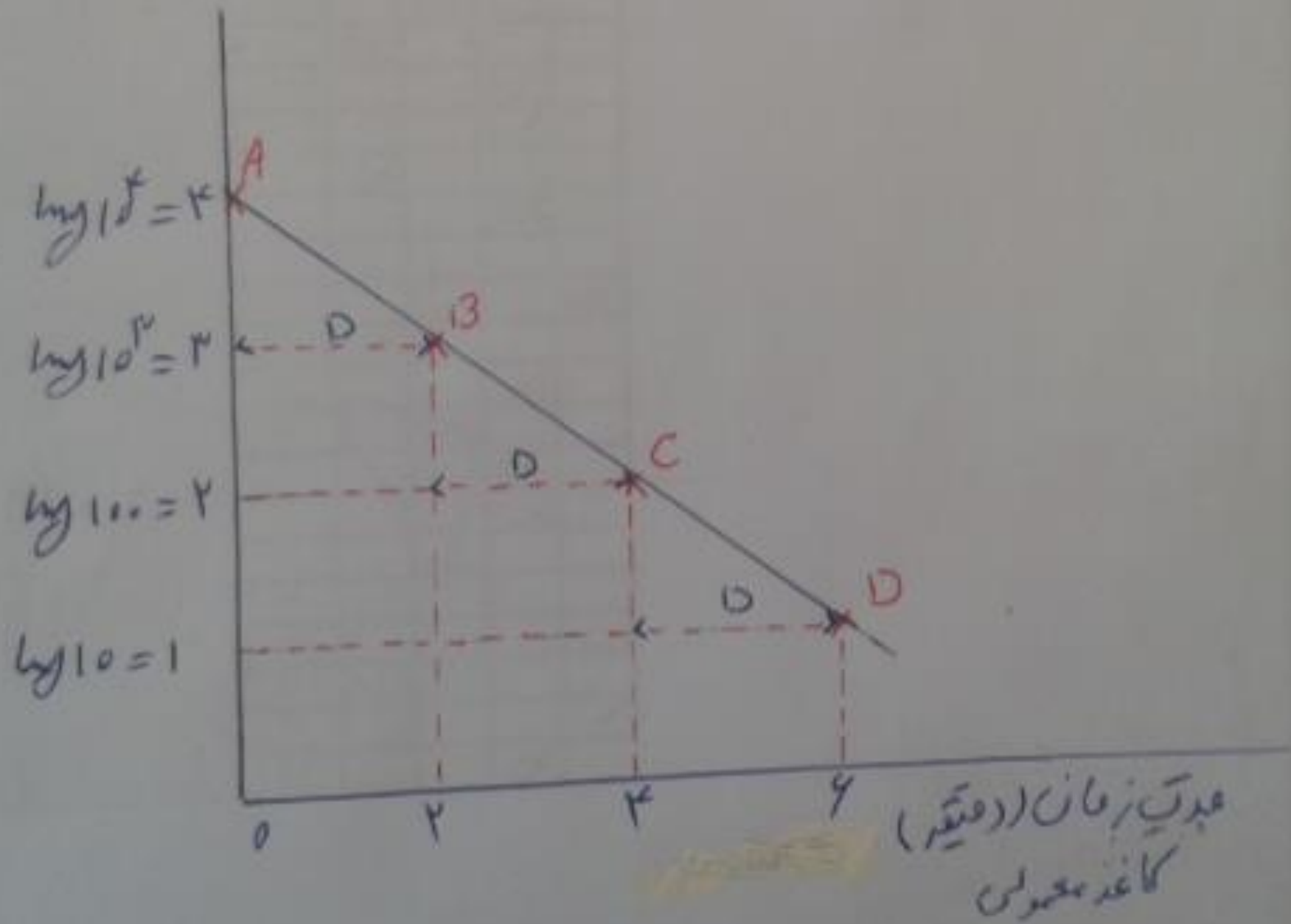
1- روي کاغذ معمولي

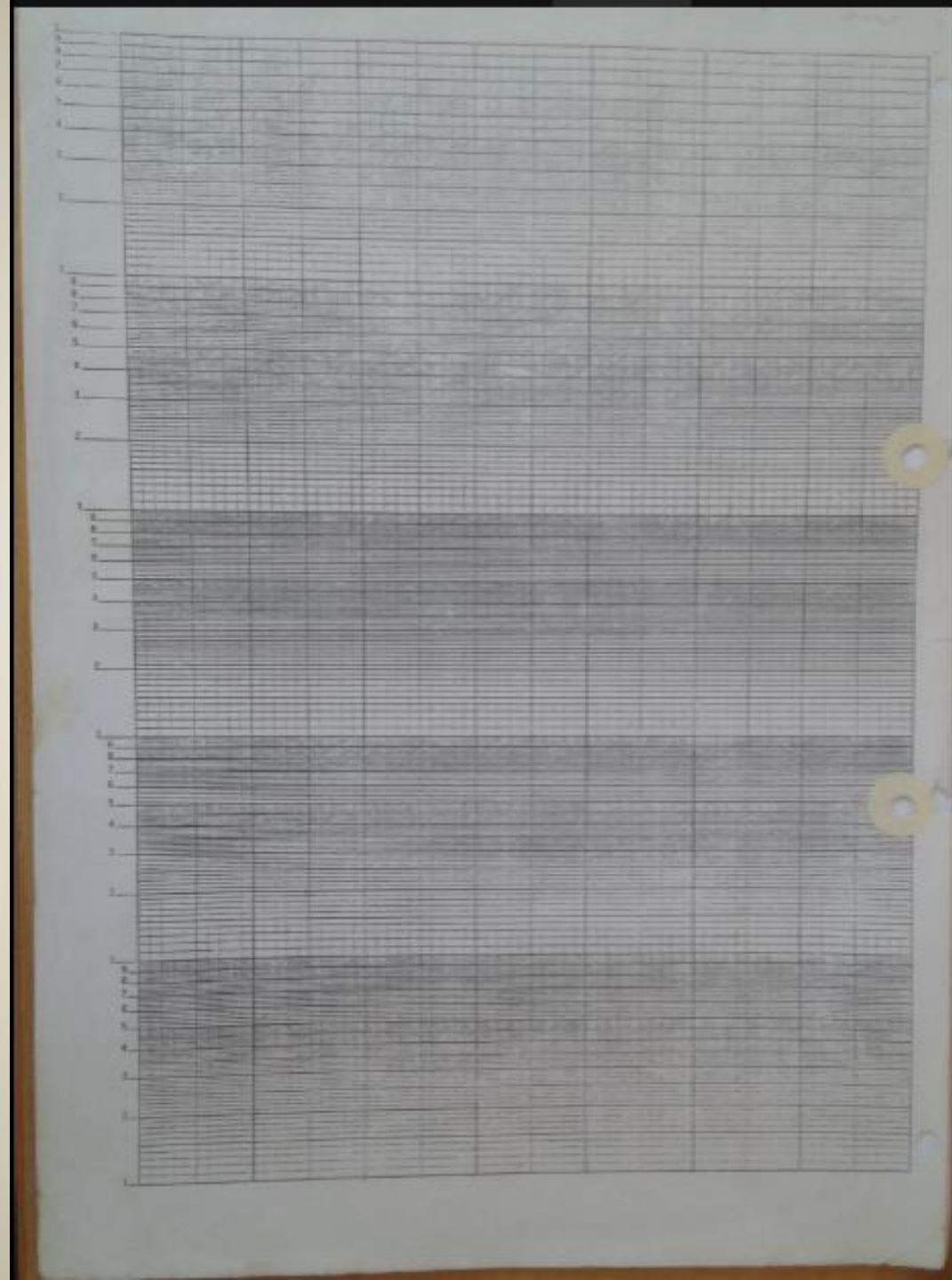
2- روي کاغذ نیمه لگاريتمي



$$A \begin{vmatrix} 0 \\ 4 \end{vmatrix} \quad B \begin{vmatrix} 2 \\ 3 \end{vmatrix} \quad C \begin{vmatrix} 4 \\ 2 \end{vmatrix} \quad D \begin{vmatrix} 6 \\ 1 \end{vmatrix}$$

الفا رستم بقدر ۵۰۰





اگر میزان اختلاف صورت به اندازه يك سيكل لگاریتمی باشد، پس مخرج **D** نامیده می شود .

$$Tagx = \frac{\log 10^3 - \log 10^2}{t_1 - t_2} \Rightarrow tagx = \frac{-1}{D}$$

$$\Rightarrow D = \frac{-1}{tagx} = \frac{-1}{Slope of survivor curve}$$

D_r : منظور **D.value** است که در دمای 250 درجه فارنهایت محاسبه شده باشد . $D_r = D_{250}$

12 D Concept

این نظریه در مورد غذاهای **Low acid** ارائه شده که در این غذاها ممکن است با کلستریدیوم بوتولینوم برخورد کرد. این نظریه بیان می کند که در دمای مورد نظر باید آنقدر فرآیند حرارتی را ادامه داد تا احتمال فساد به 10^{-12} برسد . پس اگر تعداد اولیه 10^0 یا 1 عدد باشد، باید 12 سیکل لگاریتمی اعمال می شود تا نهایتاً تعداد میکروارگانیسم ها به حدی برسد که غذا سالم و ایمن باشد یعنی احتمال آلودگی 10^{-12} بشود .

۷. اگر تعداد اولیه اسپور کلستریدیوم بوتولینوم ۱۰۰۰ عدد باشد فرایند حرارتی به مدت چند D باید اعمال شود تا در دمای مورد نظر به استریل تجاری رسید (احتمال فساد به 10^{-12} برسد).

1000

100

10

1 ---- 0/1 ---- 0/01 ---- 10^{-3} ---- 10^{-4} 10^{-12}

جواب: 15D

۸. در یک قوطی کنسرو تعداد اولیه میکروارگانیسمی 10^4 تا است چند دقیقه در دمای 250° درجه فارنهایت حرارت دهیم تا احتمال فساد به 10^{-12} برسد. یا به اصطلاح 12D Concept اجرا شود

$$(\text{اگر } D_{250} = 0/12)$$

جواب:

$$16D_{250} \text{ یعنی } 4 + 12 = 16$$

$$16 * 0/12 = 1/92$$

مسئله - چه مدت زمان برای حرارت دادن در يك دمای معين لازم است تا تعداد میکروارگانیسم ها از **a** به **b** برسد .

مدت زمان

سیکل لگاریتمي کاهش

۱

D

Log a - log b

X= D (loga-logb) → t= D (loga-logb) →

$$t = D \log \frac{a}{b}$$

t : مدت زمان لازم برای حرارت دهی تا در يك دمای معين تعداد میکروارگانیسم ها از **a** به **b** برسد .

a : تعداد اولیه **b** : تعداد نهائی سلول های زنده باقی مانده

تعريف Z.value

تغيير دمائي كه طي آن منحنى **TDT** يك سيكل لگاريتمي را طي مي كند .

۹. D_{250} میکروارگانیزی $0/35$ دقیقه است مطلوب است D_{234} این میکروارگانیزم با توجه به اینکه $Z=16$ درجه فارنهایت است.

$$D_{250}=0/35$$

$$Z=16$$

$$\text{جواب: } 234 - 250 = 16$$

$$D_{234} = 3/0$$

۱۰. D_{250} میکروارگانیزی $0/1$ دقیقه است مطلوب است D_{263} این میکروارگانیزم با توجه به اینکه $Z = 13$ درجه فانهایت است.

$$D_{250} = 0/1$$

$$Z = 13$$

$$\text{جواب: } 263 - 250 = 13$$

$$D_{263} = 0/0.1$$

۱۱. D_{245} میکروارگانیسمی $0/27$ دقیقه است مطلوب است D_{215} و D_{290} این میکروارگانیسم با

توجه به اینکه $Z = 15$ درجه فارنهایت است.

$$D_{245} = 0/27$$

$$Z = 15$$

جواب

$$290 - 245 = 45$$

$$45 \div 15 = 3$$

$$D_{290} = 0/00027$$

$$245 - 215 = 30$$

$$30 \div 15 = 2$$

$$D_{215} = 27$$

۱۲. در یک قوطی کنسرو تعداد اولیه میکروارگانیسمی 10^6 تا است چند دقیقه در دمای 250° درجه فارنهایت حرارت دهیم تا احتمال فساد به 10^{-12} برسد. ($D_{222} = 14$ و $Z=7$)

جواب:

$$18D_{250} \text{ یعنی } 6 + 12 = 18$$

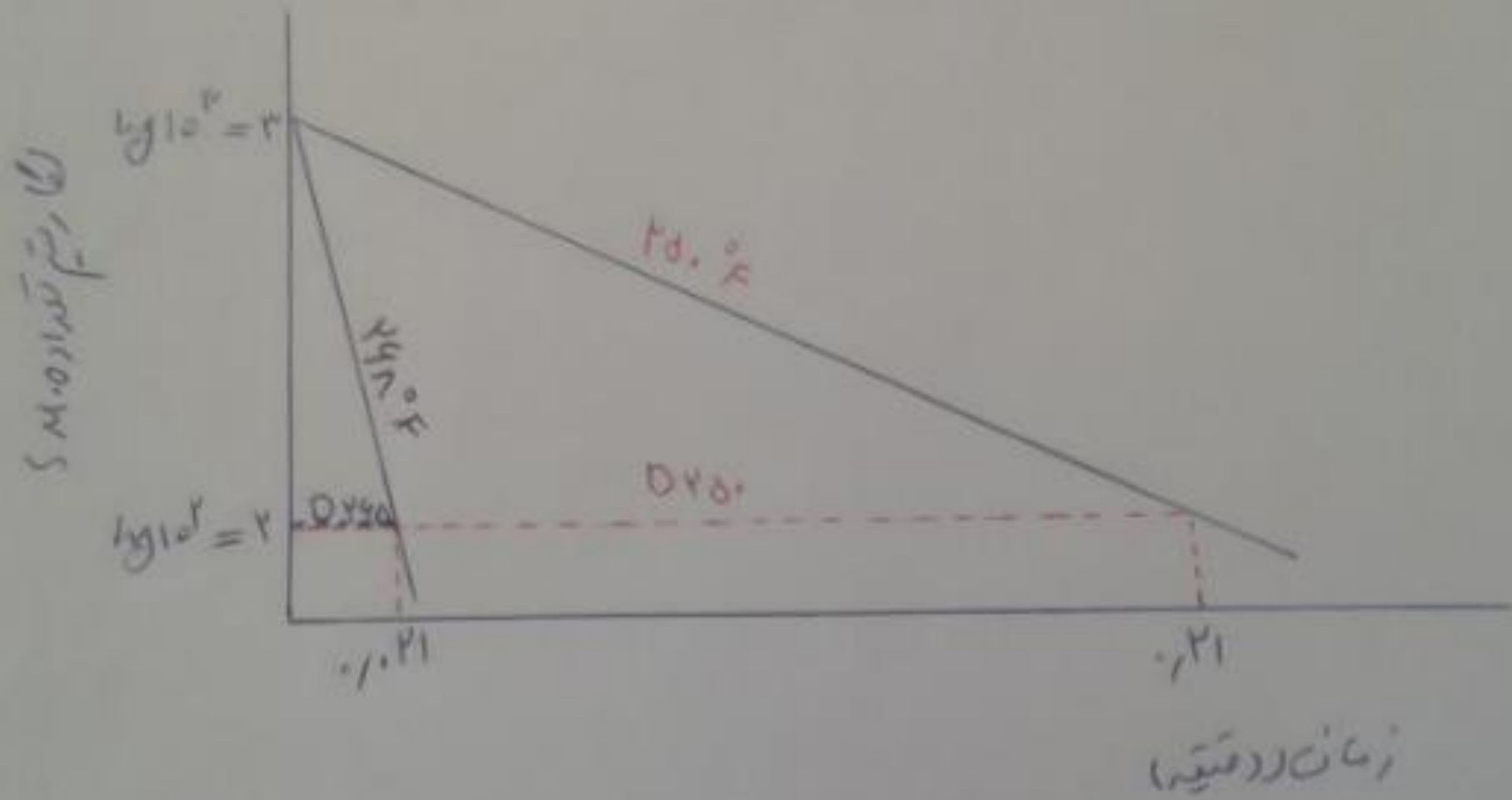
$$D_{250} = 0/0014 \text{ (اختلاف } 250 \text{ و } 222 \text{ می شود } 28 \text{ که } 4 \text{ برابر } Z \text{ است)}$$

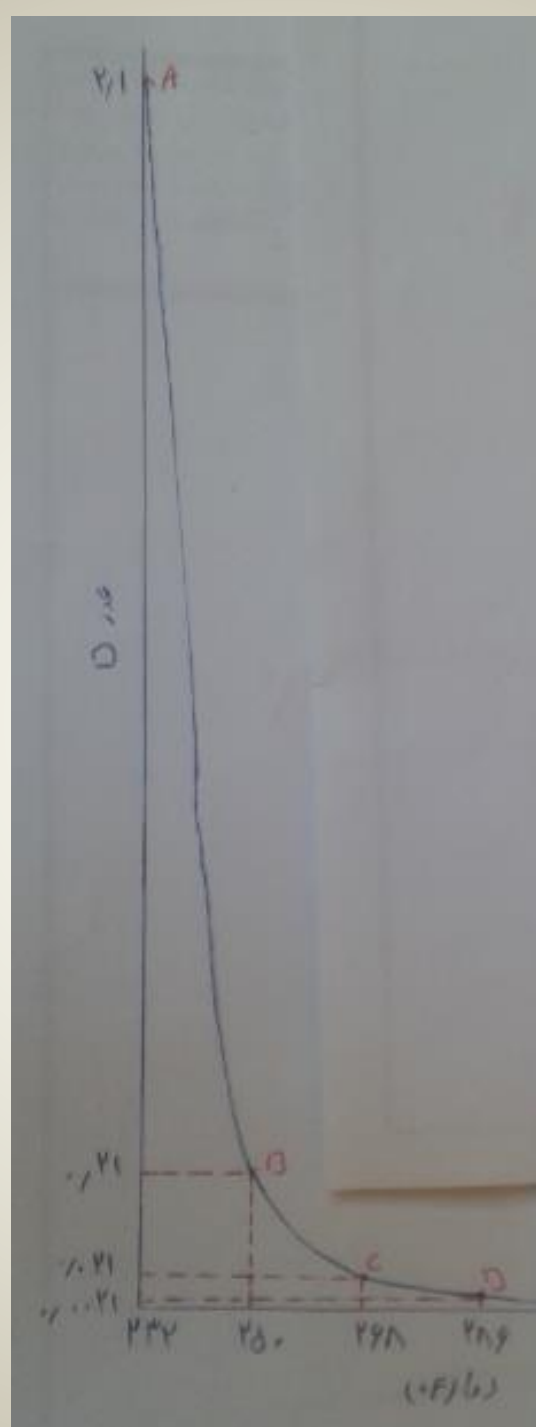
$$18 * 0/0014 = 0/0252$$

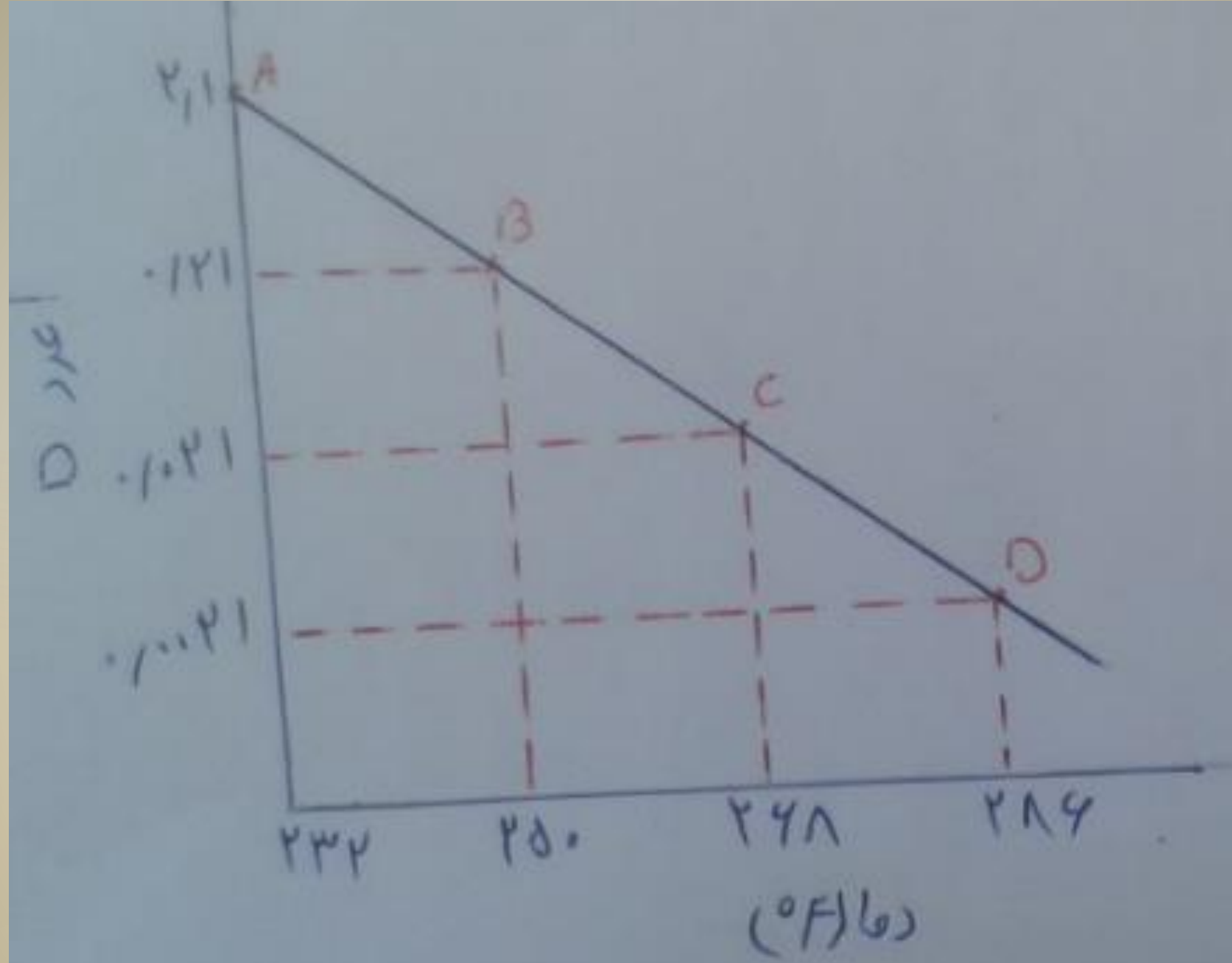


رسم دو منحنی زنده ماندن در یک شکل (اسلاید شماره 34)

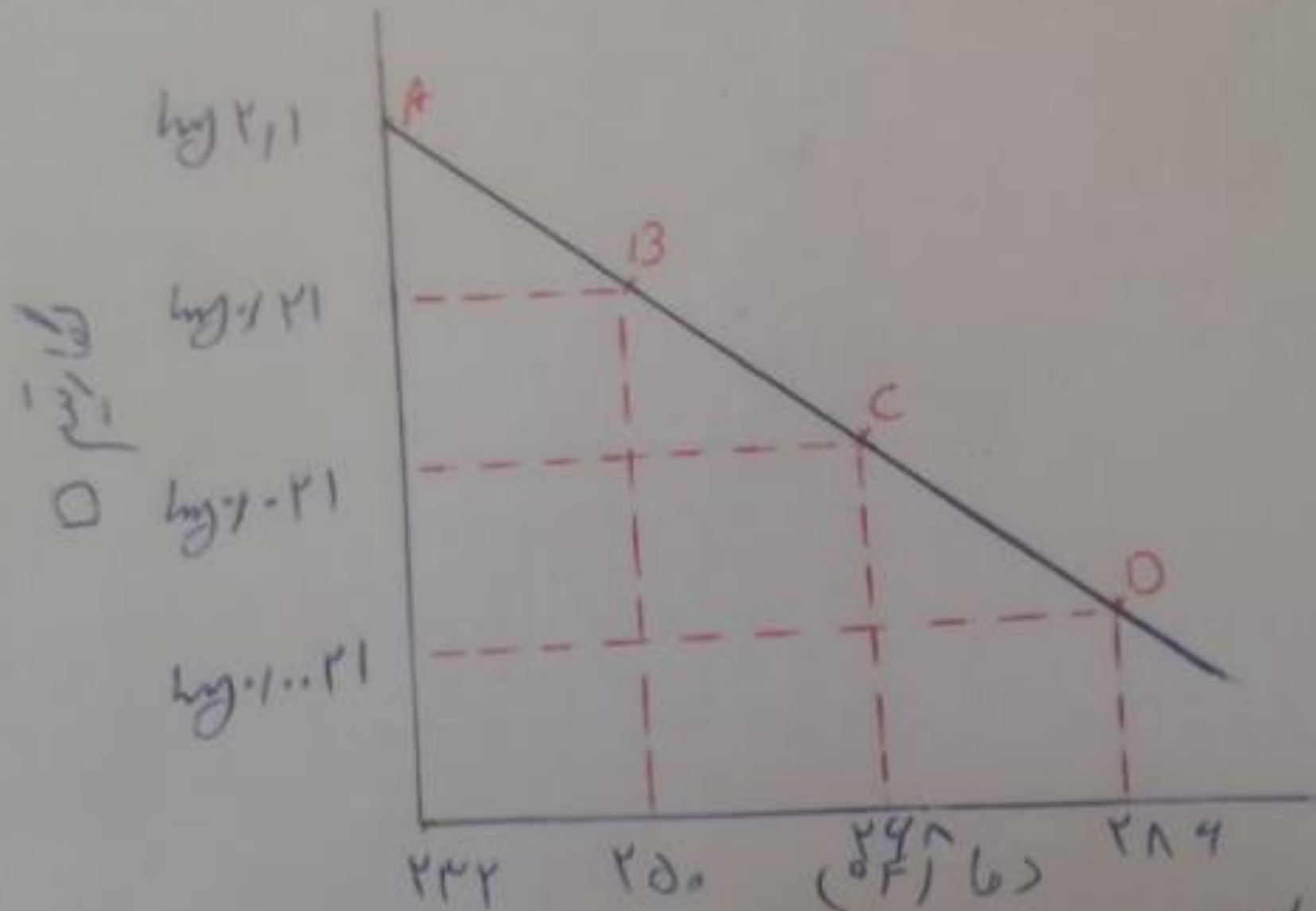
رسم منحنی زمان مرگ حرارتی در سه شکل (اسلایدهای شماره 35-36-37)







کاغذ نیمہ لگا رہے

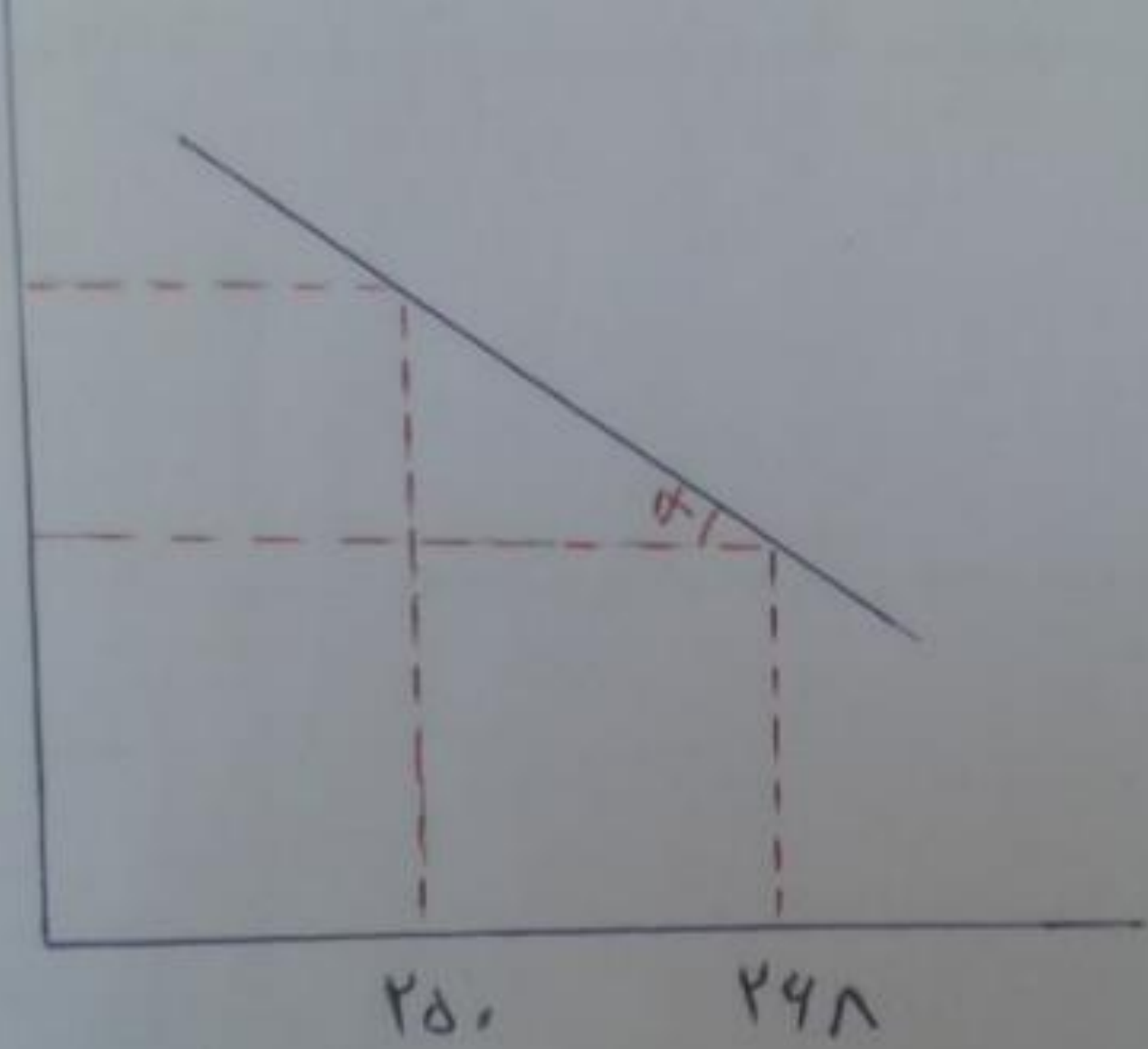


کاعد معقول

اگر میزان اختلاف صورت به اندازه يك سيكل لگاریتمي باشد پس مخرج Z نامیده می شود .

$$\text{tagx} = \frac{\log D_2 - \log D_1}{I_2 - I_1} \Rightarrow \text{Tagx} = \frac{-1}{2} \Rightarrow Z = \frac{-1}{\text{tagx}}$$

کے لیے
D
ہجری ۱۴۱۱



(OF) 6)

مقاومت حرارتی تقریبی اسپور ارگانیسم های عامل فساد گرما دوست و مزوفیل را می توان با استفاده از مقادیر D_r با یکدیگر مقایسه نمود .

جدول ۸-۲- مقادیر D_r چند باکتری اسپوردار

میکروارگانیسم	(دقیقه)
باسیلوس استئاروترموفیلوس	۵ - ۴
کلاستریدیوم ترموساکارولیتیکم	۴ - ۳
کلاستریدیوم نیگریفیکانس	۳ - ۲
کلاستریدیوم اسپوروزنس (شامل P.A.3679)	۱/۵ - ۱/۱
کلاستریدیوم بوتولینوم نوع A,B	۲/۱ - ۱/۱
باسیلوس کواگولانس	۷/۱ - ۱/۱

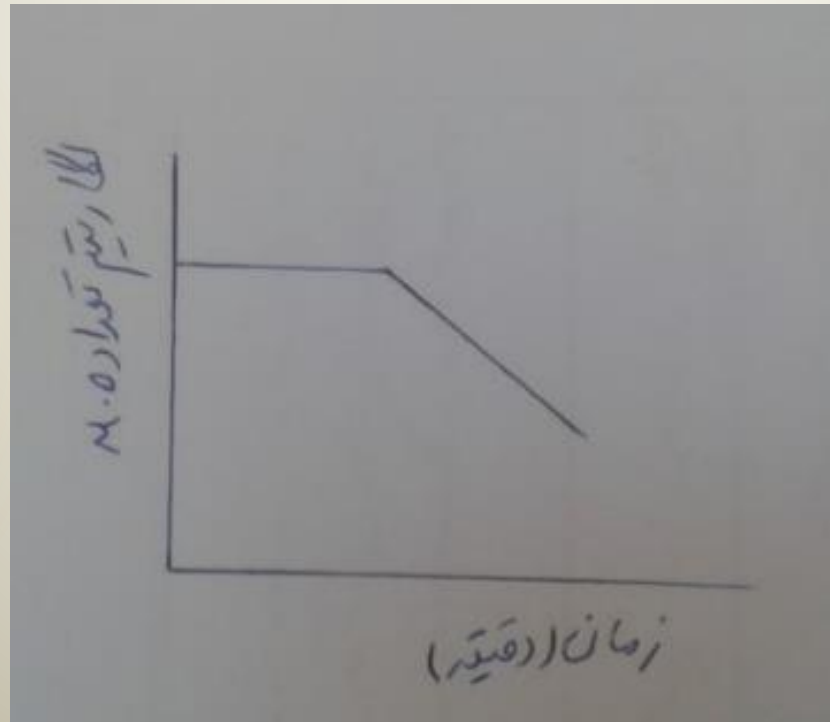
طبق جدول 8-2- مقدار Z پراکسیداز معادل 47 , ریوفلاوین 50 و تیامین 56 می باشد . از لحاظ مقدار Z رابطه زیر برقرار است .

تیامین (vit B₁) < ریوفلاوین (vit B₂) < پراکسیداز < P.A.3679 < کلاستریدیوم بوتولینوم

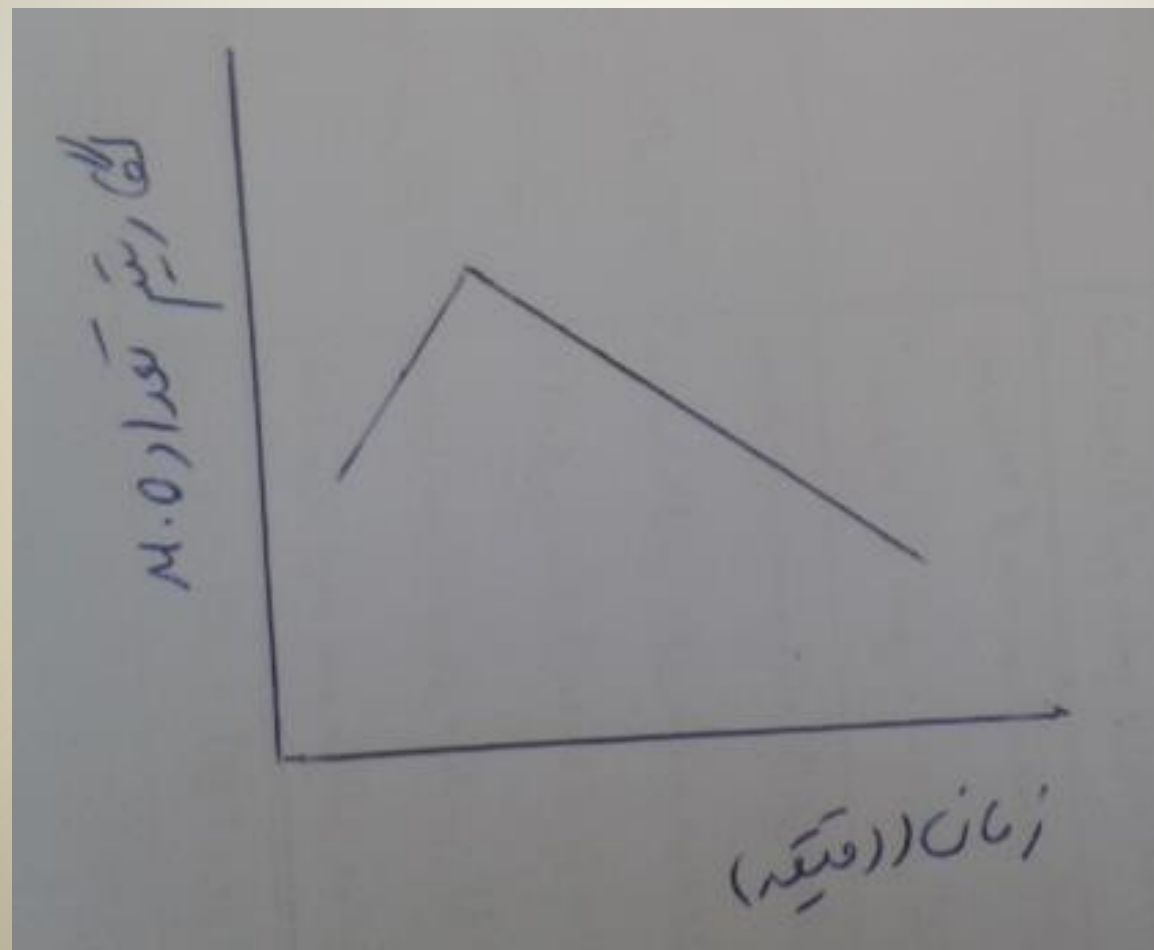
از مقایسه Z مواد مغذی و کلاستریدیوم بوتولینوم مشخص می شود که در صنایع غذایی استریلیزاسیون در دمای بالاتر و زمان کمتر ترجیح داده می شود. برای مثال Z تیامین 56 درجه فارنهایت می باشد بنابراین برای اینکه D تیامین به یک دهم مقدار در دمای فعلی برسد، بایستی دما را به اندازه 56 درجه فارنهایت افزایش داد. از آنجا که Z تیامین تقریباً 3 برابر Z کلاستریدیوم بوتولینوم می باشد با افزایش 56 درجه فارنهایت مقدار D تیامین یک دهم مقدار قبلی اش شده درحالی که با 56 درجه فارنهایت افزایش دما مقدار D کلاستریدیوم بوتولینوم تقریباً سه سیکل دهدهی کاهش می یابد و یک هزارم مقدار قبلی اش خواهد شد.

منحني هاي **D.R.C** به فرم هاي ديگر نيز مي تواند باشد كه تعابير متفاوتي دارد :

الف- ابتدا حرارت داده شده (در چند دقيقه اول) باعث تبديل اسپور به سلول رويشي شده و هم زمان نيز تعدادي از رويشي ها هم مرده اند. پس ابتدا تعداد ثابت مانده است .



ب- ابتدا حرارت داده شده باعث تبدیل اسپور به **Vegetative cell** شده است
تعداد میکروارگانیسم زیاد شده و بعد حرارت باعث مرگ آنها شده است .



ج- در اینجا يك **Mixed culture** است . دو دسته میکروارگانیسم **Y** و **X** نشان داده شده است که **Y** ها مقاومترند چون دیرتر از بین رفته اند .

