1. मॉड्यूल और इसकी संरचना

मॉड्यूल विस्तार	
विषय का नाम	जीव विज्ञान
पाठ्यक्रम का नाम	जीव विज्ञान 02 (कक्षा XI, छमाही-2)
मॉड्यूल का नाम / शीर्षक	पौधों में श्वसन: भाग-3
मॉड्यूल आईडी	kebo_21403
पूर्व-अपेक्षित	ग्लाइकोलिसिस, क्रेब्स चक्र, ईटीएस, ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन की समझ के बारे में बुनियादी ज्ञान
उद्देश्य	इस पाठ को पढ़ने के बाद, शिक्षार्थी निम्नलिखित को समझने में सक्षम होंगे: • वायुजीवी और अनाक्सीय श्वसन में उत्पादित एटीपी की संख्या की गणना करना, श्वसन की दक्षता के बारे में जानकारी होना • श्वसन एक अपचयी और साथ ही उपचयी प्रक्रिया है, अवधारणा को संप्रेषित करना, आरक्यू को परिभाषित करने और यह समझाने के लिए कि विभिन्न सबस्ट्रेट्स में सुभिन्न आरक्यू होते हैं।
मुख्य शब्द	श्वसन संतुलन पत्रक, श्वसन- एक उभयचर मार्ग, श्वसन भागफल (आर.क्यू.)

2. विकास दल

भूमिका	नाम	सम्बद्धता
राष्ट्रीय MOOC समन्वयक (NMC)	प्रो. अमरेंद्र पी बेहरा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
कार्यक्रम के समन्वयक	डॉ. मो. ममूर अली	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम समन्वयक (सीसी) / पीआई	डॉ सुनीता फरक्या	डी.इ.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नई दिल्ली
पाठ्यक्रम सह समन्वयक/ सह-पी.आई.	डॉ. यश पॉल शर्मा	सी.आइ.इ.टी., एन.सी.ई.आर.टी., नई दिल्ली
विषय वस्तु विशेषज्ञ	डॉ मधुमिता बनर्जी	रामजस कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय
समीक्षा दल	डॉ अरुणा मोहन (सेवानिवृत्त)	गार्गी कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय
अनुवादक	डॉ. विकास सिंघल	सहायक क्षेत्रीय निदेशक, इग्नू क्षेत्रीय केंद्र दिल्ली -1

विषय - सूची:

1. श्वसन संतुलन पत्रक
2. श्वसन- एक उभयचर मार्ग
3. श्वसन भागफल (आर.क्यू.)

1. श्वसन संतुलन पत्रक

प्रत्येक ग्लूकोज अणु के ऑक्सीकृत होने में एटीपी के शुद्ध लाभ की गणना करना संभव है; लेकिन वास्तव में यह केवल एक सैद्धांतिक अभ्यास बन सकता है।
ये गणना केवल कुछ मान्यताओं पर की जा सकती है:
• वहाँ एक अनुक्रमिक, क्रमबद्ध मार्ग, जिसमें एक सब्सट्रेट अगले को एक के बाद एक ग्लाइकोसिस, टी.सी.ए. चक्र और ई.टी.एस. मार्ग अनुसरण करके बनाता है, कार्य कर रहा है।
• ग्लाइकोलिसिस में संश्लेषित एन.ए.डी.एच. को माइटोकॉन्ड्रिया में स्थानांतरित किया जाता है और ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन से गुजरता है।
• मार्ग में कोई भी मध्यवर्ती किसी अन्य यौगिक को संश्लेषित करने के लिए उपयोग नहीं किया जाता है।
• केवल ग्लूकोज श्वसन में उपयोगित हो रहा है- किसी भी अन्य मध्यस्थ चरणों में कोई अन्य वैकल्पिक सब्सट्रेट मार्ग में प्रवेश नहीं कर रहा है।

लेकिन एक जीवित प्रणाली में इस तरह की धारणाएं वास्तव में मान्य नहीं हैं; सभी मार्ग एक साथ काम करते हैं और एक के बाद एक नहीं होते हैं; सबस्ट्रेट्स मार्ग में प्रवेश करते हैं और आवश्यकतानुसार इसे वापस ले लिया जाता है; ए.टी.पी. आवश्यकतानुसार उपयोग किया जाता है; एंजाइमी दरों को कई तरीकों से नियंत्रित किया जाता है। फिर भी, जीवित प्रणाली की ऊर्जा निकालने और संग्रहीत करने में सुंदरता और दक्षता की सराहना करने के लिए इस अभ्यास को करना उपयोगी है।
श्वसन सब्सट्रेट्स में निहित ऊर्जा एक चरण में मुक्त नहीं होती है या सेल में मुक्त नहीं होती है। बल्कि ऊर्जा एंजाइमों द्वारा नियंत्रित स्टेपवाइज प्रतिक्रियाओं की एक श्रृंखला में धीरे-धीरे जारी की जाती है, और ए.टी.पी. के रूप में रासायनिक ऊर्जा के रूप में स्थिर होती है।

आइए हम वायुजीवी श्वसन के दो चरणों में गठित उत्पादों को याद करते हैं।

चरण 1. ग्लाइकोलाइसिस
ग्लाइकोलाइसिस में, प्रत्येक ग्लूकोज अणु पायरुविक एसिड के 2 अणुओं के उत्पादन के लिए टूट जाता है। एन.ए.डी.पी.एच. के दो अणु और ए.टी.पी. के दो अणु भी प्रक्रिया में उत्पन्न होते हैं।
एन.ए.डी.पी.एच. इलेक्ट्रॉन परिवहन श्रृंखला के माध्यम से पुनः ऑक्सीकृत होकर परिणामस्वरूप तीन ए.टी.पी./ ऑक्सीकृत एन.ए.डी.पी.एच. उत्पन्न होते हैं।
इसलिए, एनएडीपीएच का ऑक्सीकरण ए.टी.पी. के 2x3 = 6 अणुओं का उत्पादन करता है।
ग्लाइकोलाइसिस में उत्पादित कुल ए.टी.पी. = 2 + 6 = 8 ए.टी.पी.।

चरण 2. टी.सी.ए. चक्र के माध्यम से पाइरुविक अम्ल का पूरा ऑक्सीकरण
पिछले मॉड्यूल से याद करें, पाइरुविक अम्ल के एक अणु के ऑक्सीडेटिव फास्फारिलीकरण का सारांश इस प्रकार है:
पाइरुविक अम्ल+4 एन.ए.डी.+एफ.ए.डी.+H_2O+ए.डी.पी.+Pi = $3CO_2$+4 एनएडीएच+4H+ एफ.ए.डी.एच.$_2$+ ए.टी.पी.
4 एन.ए.डी.एच.=4x3=12 ए.टी.पी. (एनएडीएच के एक अणु का ऑक्सीकरण ए.टी.पी. के 3 अणुओं का उत्पादन करता है)

1 एफ.ए.डी.एच.2 = 2x1 = 2 ए.टी.पी. (एफ.ए.डी.एच.2 के एक अणु का ऑक्सीकरण ए.टी.पी. के 2 अणुओं का उत्पादन करता है)
सब्सट्रेट फास्फारिलीकरण = 1 ए.टी.पी.
कुल = 15 ए.टी.पी.।
चूंकि ग्लूकोज का क्षरण पाइरुविक अम्ल के दो अणुओं का उत्पादन करता है, टी.सी.ए. चक्र द्वारा ग्लूकोज के एक अणु के पूर्ण ऑक्सीकरण द्वारा उत्पादित एटीपी की संख्या 15x2 = 30 ए.टी.पी. है
इसलिए वायवीय श्वसन द्वारा ग्लूकोज के एक अणु का पूर्ण ऑक्सीकरण=30+8=38 ए.टी.पी. पैदा करता है

श्वसन की दक्षता, श्वसन सब्सट्रेट के प्रति मोल के पूर्ण ऑक्सीकरण के दौरान ए.टी.पी. के रूप में अधिकृत/ संग्रहित ऊर्जा का प्रतिशत है।

श्वसन दक्षता = ऑक्सीकृत सब्सट्रेट के प्रति मोल एटीपी में अधिकृत ऊर्जा/ ऑक्सीकृत सब्सट्रेट के प्रति मोल द्वारा कुल जारी ऊर्जा x 100
ग्लूकोज के एक अणु के लिए = 38x8.15/686x100=45%
इस प्रकार, जैविक प्रणालियों में ग्लूकोज के पूर्ण ऑक्सीकरण के दौरान श्वसन दक्षता 45% होती है और शेष 55% ग्लूकोज में संग्रहीत ऊर्जा उष्मा के रूप में खो जाती है।

अल्कोहल किण्वन और लैक्टिक अम्ल किण्वन जैसी अवायवीय श्वसन प्रक्रियाओं में केवल दो अणु एटीपी बनते हैं। इसका कारण यह है कि ग्लूकोज इन प्रक्रियाओं में आंशिक रूप से टूट जाता है जबकि वायवीय श्वसन में इसे CO_2 और H_2O में पूरी तरह से विघटित कर दिया जाता है। उत्पादित एन.ए.डी.एच. अवायवीय श्वसन में, ऑक्सीजन की अनुपस्थिति के कारण धीरे-धीरे एन.ए.डी.$^+$ में ऑक्सीकृत होता है।

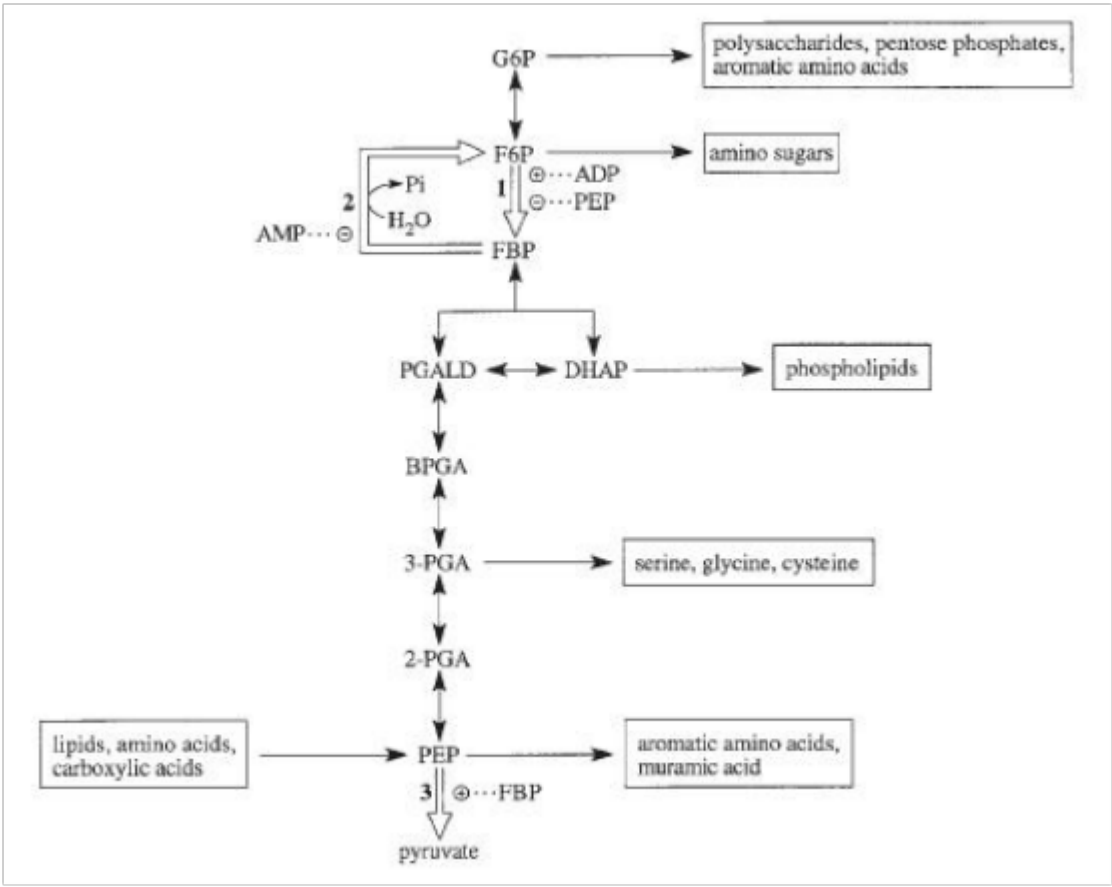
2. श्वसन- एक उभयचर मार्ग

ग्लूकोज श्वसन के लिए पसंदीदा सब्सट्रेट है। श्वसन के लिए उपयोग किए जाने से पहले सभी कार्बोहाइड्रेट आमतौर पर पहले ग्लूकोज में परिवर्तित हो जाते हैं। अन्य सबस्ट्रेट्स भी श्वसन में उपयोगित हो सकते है, जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, लेकिन फिर वे पहले चरण में श्वसन पथ में प्रवेश नहीं करते हैं। वसा को पहले ग्लिसरॉल और वसायुक्त अम्ल में तोड़ना होगा। यदि वसायुक्त अम्ल श्वसन में उपयोगित होने है, तो उन्हें पहले एसिटाइल सी.ओ.ए. में विघटित किया जाएगा और मार्ग में प्रवेश किया जाएगा। ग्लिसरॉल पी.जी.ए.एल. में परिवर्तित होने के बाद मार्ग में प्रवेश करेगा। प्रोटीएज द्वारा प्रोटीन का क्षय किया जाएगा और उनकी संरचना के आधार पर व्यक्तिगत अमीनो अम्ल (एमिनो समूह हटने के बाद) क्रेब्स चक्र के भीतर या पायरुवेट या एसिटाइल सी.ओ.ए. के रूप में कुछ स्तर पर मार्ग में प्रवेश करेंगे। दूसरे शब्दों में, अलग-अलग सब्सट्रेट चक्र में प्रवेश करते हैं यदि वे श्वसन में उपयोगित हो सकते है और ऊर्जा प्राप्त करने के लिए उपयोगित है। यह पहचानना महत्वपूर्ण है कि यह ही केवल वास्तविक सब्सट्रेट हैं जिन्हें श्वसन पथ से उन यौगिकों के संश्लेषण के लिए वापस ले लिया जाएगा जहां से सब्सट्रेट का गठन किया गया था। इसलिए, श्वसन पथ में प्रवेश करने से पहले एसिटाइल सी.ओ.ए. तक वसायुक्त अम्ल को तोड़ दिया जाएगा। लेकिन जब जीव को वसायुक्त अम्ल को संश्लेषित करने की आवश्यकता होती है, तो एसिटाइल सी.ओ.ए. को इसके लिए श्वसन पथ से वापस ले लिया जाएगा। इसलिए, श्वसन मार्ग वसायुक्त अम्ल के टूटने और संश्लेषण के दौरान चित्र में आता है।

हमने सीखा है कि श्वसन में कोशिकीय प्रक्रियाएं शामिल हैं जिनके द्वारा कार्बनिक यौगिकों, आमतौर पर शर्करा, को ऊर्जा छोड़ने के लिए चरणबद्ध तरीके से तोड़ा जाता है, जिसे ए.टी.पी. के रूप में संग्रहीत किया जाता है यानी श्वसन एक अपचयी प्रक्रिया है।

हालांकि चर्चा की गई है, ग्लाइकोलाइटिक मार्ग के कई मध्यवर्ती सब्सट्रेट और टी.सी.ए. चक्र महत्वपूर्ण जैव अणुओं के जैव संश्लेषण के लिए अग्रदूत के रूप में काम करते हैं। कुछ उदाहरण प्रक्रिया का वर्णन करेंगे।

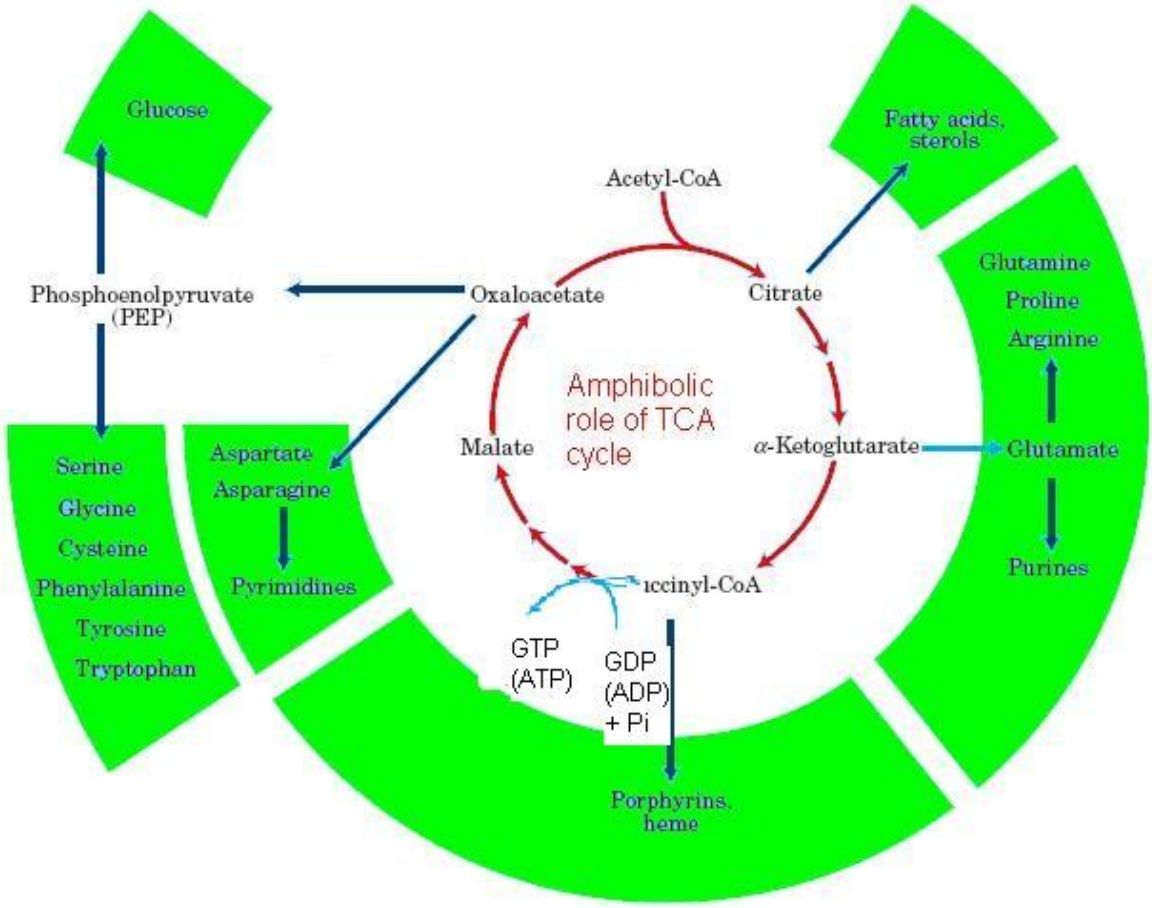
Polysaccharides -पॉलीसैकराइड्स
Pentose phosphates- पेंटोस फॉस्फेटस
Aromatic amino acids- सुगंधित अमीनो अम्ल
Amino sugars- अमीनो शर्करा
Phospholipids- फॉस्फोलिपिडस
Serine- सेरीन
Glycine- ग्लाइसिन
Cysteine- सिस्टीन
Lipids- लिपिडस
Amino acids- अमीनो अम्ल
Carboylic acids- कार्बोलिक अम्ल
Aromatic amino acids- सुगंधित अमीनो अम्ल
Muramic acid- म्यूरामिक अम्ल
Pyruvate- पायरुवेट



चित्र 1. ग्लाइकोलाइटिक मार्ग के मध्यवर्ती का उपयोग कई यौगिकों के जैवसंश्लेषण के लिए किया जाता है। जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है, ग्लूकोस 6 फॉस्फेट का उपयोग पॉलीसैकराइड्स, पेंटोस फॉस्फेट और सुगंधित अमीनो अम्ल के जैवसंश्लेषण के लिए किया जाता है।

फ्रुक्टोज 6-फॉस्फेट का उपयोग अमीनो शर्करा के जैवसंश्लेषण में किया जाता है और फॉस्फोग्लिसराल्डीहाइड का उपयोग फॉस्फोलिपिड के संश्लेषण में किया जाता है। अन्य मध्यवर्ती का उपयोग विभिन्न अमीनो एसिड, लिपिड और कार्बनिक अम्ल के संश्लेषण के लिए किया जाता है जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है।

Glucose - ग्लूकोज
Phosphoenolpyruvate- फोस्फोइनोलपायरुवेट
Serine- सेरीन
Glycine- ग्लाइसिन
Cysteine- सिस्टीन
Phenylalanine- फेनिलएलनिन
Tyrosine- टायरोसिन
Tryptophan- ट्रायप्टोफैन
Aspartate- एस्पार्टेट
Asparagine- एस्पैराजिन
Pyrimidines- पिरिमिडीनेस
Porphyrins- पोरफीरिन्स
Heme- हीमे
Oxaloacetate- ऑक्सीलोएसेटेट
Malate- मैलेट
Succinyl-CoA- सक्सीनील-सी.ओ.ए.
α -Ketoglutarate- α-कीटोग्लूटेरेट
Citrate-सिट्रेट
Acetyl-CoA- एसिटाइल-सी.ओ.ए.
Amphibolic role of TCA cycle- टी.सी.ए. चक्र की उभयचर भूमिका
Fatty acids- वसायुक्त अम्ल
Sterols- स्टेरॉल्स
Glutamine- ग्लूटामाइन
Proline- प्रोलाइन
Arganine- आर्जिनिन
Glutamate- ग्लूटामेट
Purines- प्यूरीन्स



चित्र 2: टी.सी.ए. चक्र के मध्यवर्ती का उपयोग कई यौगिकों के जैवसंश्लेषण के लिए किया जाता है
इसी तरह टी.सी.ए.चक्र में बने कई मध्यवर्ती यौगिकों का उपयोग जैव-रासायनिक रास्तों में भी उपयोगी अंत उत्पादों का निर्माण करने के लिए किया जाता है।
वसायुक्त अम्ल साइट्रिक अम्ल से संश्लेषित होते हैं
एस्पार्टेट और ग्लूटामेट, टी.सी.ए. मध्यवर्ती ऑक्सीलोएसेटेट और α कीटोग्लूटेरेट से एक ट्रांसएनिमेशन प्रतिक्रिया द्वारा संश्लेषित होते हैं। आगे एस्पार्टेट और ग्लूटामेट का उपयोग अन्य अमीनो एसिड और न्यूक्लियोटाइड को संश्लेषित करने के लिए किया जा सकता है।
टी.सी.ए. चक्र में संपोषित ऑक्सीलोएसेटेट को ग्लूकोनोजेनेसिस नामक एक प्रक्रिया द्वारा ग्लूकोज में परिवर्तित किया जा सकता है।
टी.सी.ए. चक्र में उत्पादित सक्सीनील-सी.ओ.ए. को साइटोक्रोमस के हीमे समूहों के संश्लेषण में मोड़ा जा सकता है।
इस प्रकार ग्लाइकोलाइटिक मार्ग और टी.सी.ए. चक्र उनकी अपचय संबंधी भूमिका के अलावा, कई उपचय यानी जैवसंश्लेषित रास्ते के लिए मध्यस्थ भी प्रदान करते हैं। यह इस तथ्य पर जोर देता है कि श्वसन पथ में प्रवेश करने वाले सभी कार्बन. कार्बन डाइऑक्साइड के ऑक्सीकरण में नहीं हैं। क्योंकि श्वसन मार्ग उपचय और अपचय दोनों प्रक्रियाओं में शामिल होता है, इसे एक अपचायक के बजाय एक उभयचर मार्ग माना जाता है।

3. श्वसन भागफल (आर.क्यू.)

वायवीय श्वसन में, O_2 का सेवन किया जाता है और CO_2 जारी की जाती है। श्वसन में खपत O_2 के आयतन में विकसित CO_2 के आयतन के अनुपात को श्वसन भागफल (आर.क्यू.) कहा जाता है।
आर.क्यू. का मूल्य सब्सट्रेट के ऑक्सीकरण होने पर निर्भर करता है अर्थात आर.क्यू. मान वसा, शर्करा, कार्बनिक अम्लों आदि के श्वसन के लिए अलग होगा। इसके विपरीत, आर.क्यू. मूल्य का एक उपाय श्वसन में प्रयुक्त होने वाले सब्सट्रेट की प्रकृति के बारे में एक विचार प्रदान करता है।
जब कार्बोहाइड्रेट को सब्सट्रेट के रूप में उपयोग किया जाता है और पूरी तरह से ऑक्सीकरण किया जाता है, तो आर.क्यू. 1 होगा, क्योंकि क्रमशः CO_2 और O_2 की समान मात्रा विकसित और खपत होती है, जैसा कि नीचे समीकरण में दिखाया गया है

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$$

$$\text{आर.क्यू.} = 6CO_2/6O_2 = 1$$

जब श्वसन में वसा का उपयोग किया जाता है, तो आर.क्यू. 1 से कम होता है।

$$C_{16}H_{32}O_2\ (\text{पामिटिक एसिड}) + 23\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 16\ H_2O$$

$$\text{आर.क्यू.} = 16\ CO_2 / 23O_2 = 0.696$$

कार्बन और ऑक्सीजन के परमाणुओं की तुलना में वसा में कम ऑक्सीजन परमाणु होते हैं। इसलिए वसा के ऑक्सीकरण के लिए अधिक ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है और परिणामस्वरूप वसा के लिए आर.क्यू. मान एक से कम होता है।
जब श्वसन में कार्बनिक अम्ल का उपयोग किया जाता है, तो आर.क्यू. मान 1 से अधिक होता है।

$$C_4H_6O_5\ (\text{मैलिक एसिड}) + 3O_2 \rightarrow 4CO_2 + 3H_2O$$

कार्बनिक अम्ल ऑक्सीजन से भरपूर होते हैं। इसलिए उन्हें ऑक्सीकरण के लिए कम ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है और परिणामस्वरूप कार्बनिक अम्लों के लिए आर.क्यू. मान एक से अधिक होता है।
जब प्रोटीन श्वसन सब्सट्रेट होते हैं, तो अनुपात लगभग 0.9 होगा।

यह पहचानना महत्वपूर्ण है कि जीवित जीवों में श्वसन सब्सट्रेट अक्सर एक से अधिक होते हैं।